GENERALŠTAB VOJSKE SRBIJE I CRNE GORE

VOJNOIZDAVAČKI ZAVOD

Direktor
Pukovnik
SLAVOLJUB JOVANČIĆ

UREĐIVAČKI ODBOR

General-major
dr MILUN KOKANOVIĆ, dipl. inž.
(predsednik Odbora)

General-potpukovnik
dr IVAN ĐOKIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr SINIŠA BOROVIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr MILIĆ STOJIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr MOMČILO MILINOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr SVETOMIR MINIĆ, dipl. inž.
(zamenik predsednika Odbora)

Pukovnik
DRAGOMIR KRSTOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr VASILIJE MIŠKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr BRANKO ĐEDOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
PAVLE GALIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr MILENKO ŽIVALJEVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
SRBOLJUB PETROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr DRAGOSLAV UGARAK, dipl. inž.

Pukovnik
dr LJUBIŠA TANČIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr MILJKO ERIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
VOJISLAV MILINKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
sc STEVAN JOSIFOVIĆ, dipl. inž.
(sekretar Odbora)

* * *

Glavni i odgovorni urednik

Pukovnik
sc Stevan Josifović, dipl. inž.
(tel. 646-277)

Sekretar redakcije

Zora Pavličević
(tel. 2641-795, vojni 22-431)

Adresa redakcije: VOJNOTEHNIČKI GLASNIK – BEOGRAD, Balkanska 53

E-mail: vtg@viz.vj.yu

Pretplata tel.-fax: 3612-506, tekući račun: 840-51845-846 RC SMO Topčider – za VIZ, poziv na broj 054/963

Rukopisi se ne vraćaju. Štampa: Vojna štamparija – Beograd, Resavska 40b

ISSN: 0042-8469 **UDC: 623 + 355/359**

STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS
VOJSKE SRBIJE I CRNE GORE

VOJNOTEHNIČKI
G L A S N I K

Vojnotehnički glasnik je, povodom 50 godina rada, odlikovan Ordenom VJ trećeg stepena

3–4

GODINA LII • MAJ–AVGUST 2004.

SIMPOZIJUM „TEORIJSKI I PRAKTIČNI ASPEKTI SAVREMENIH OPERACIJA“

U okviru aktivnosti Ministarstva odbrane i Generalštaba Vojske Srbije i Crne Gore na izradi Strategije odbrane i Vojne doktrine, Vojna akademija – Škola nacionalne odbrane organizovala je, 20. aprila 2004, simpozijum pod nazivom „Teorijski i praktični aspekti savremenih operacija“. Cilj simpozijuma bio je da se utvrde stavovi o ključnim pitanjima teorijskih i praktičnih aspekata savremenih operacija, kako bi se stvorili uslovi za unapređenje naučne i doktrinarne teorije.

Ovogodišnji skup okupio je 165 učesnika, i to iz Ministarstva odbrane, organizacionih celina GŠ Vojske SCG, Korpusa Vojske SCG, Ministarstva unutrašnjih poslova, Beogradskog univerziteta, naučnih institucija državne zajednice Srbija i Crna Gora i Vojne akademije.

Simpozijum je otvorio načelnik GŠ Vojske SCG, general-pukovnik Branko Krga, koji je istakao da novi bezbednosni izazovi, rizici i pretnje sa kojima su suočene, pre svega male zemlje i zemlje u tranziciji, zahtevaju reforme bezbednosnog i odbrambenog sistema, a time i transformaciju vojske radi njene organizovanosti, pripremljenosti i efikasnog funkcionisanja u eliminisanju tih izazova, rizika i pretnji. Razvoj međunarodnih odnosa u poslednjoj deceniji prošlog i u prvim godinama ovog veka u pogledu shvatanja mesta i uloge oružanih snaga unosi radikalne promene, koje se odnose na misiju, ciljeve, zadatke i strateški koncept oružanih snaga. Takođe, u okviru reformi sistema bezbednosti i odbrane, a pre svega naše vojske, sasvim je logično da jedna od njenih oblasti bude u domenu teorije vojne nauke, kao bitnog oslonca praksi organizacije i upotrebe Vojske u raznim oblicima njenog mogućeg angažovanja u miru i ratu. Na otvaranju simpozijuma govorili su i načelnik Vojne akademije general-major Dragan Vojinović kao i načelnik Škole nacionalne odbrane,

ujedno predsednik Programskog odbora simpozijuma, general-major profesor dr Spasoje Mučibabić.

Na simpozijum je pristiglo ukupno 85 radova, čiji su apstrakti štampani u zborniku, dok su kompletni radovi svakom učesniku uručeni na CD-u. Program rada skupa obuhvatio je uvodnu i završnu plenarnu sednicu i rad u šest sekcija, prema sledećim tematskim oblastima:

– teorijske i doktrinarne osnove operacija,

– definisanje, klasifikacija, sadržaj i tok operacije,

– rukovođenje i komandovanje u operacijama,

– logistička podrška operaciji i logistička operacija,

– obaveštajno obezbeđenje u savremenim operacijama i obaveštajna operacija,

– bezbednosno obezbeđenje, bezbednosna, protivobaveštajna i protivteroristička operacija.

U svim sekcijama, pored izlaganja prijavljenih radova, bilo je i vrlo interesantnih diskusija, razmena mišljenja, predloga i sugestija, što je celokupnoj aktivnosti dalo poseban kvalitet.

U skladu sa tematskom koncepcijom VOJNOTEHNIČKOG GLASNIKA, a radi upoznavanja šire čitalačke publike sa problematikom koju je obuhvatao ovogodišnji simpozijum, kao i doprinosa afirmaciji prikazane tematike, u ovom broju časopisa objavljujemo jedan broj članaka koji su obrađivali LOGISTIČKE I TEHNIČKE ASPEKTE SAVREMENIH OPERACIJA.

Redakcija

Dr Vasilije Mišković,
pukovnik, dipl. inž.
Vojna akademija – ŠNO,
Beograd

LOGISTIČKA OPERACIJA – KATEGORIJALNO I POJMOVNO ODREĐENJE

UDC: 355.42/.43 : 355.41

Rezime:

Logistička operacija kod nas do sada nije definisana, pa je u ovom radu taj pojam bliže određen, razgraničavanjem od sličnih pojmova i klasifikacijom. Izdvojeni su konstituensi logističke operacije i njen opšti cilj. Takođe dati su i ciljevi pojedinih vrsta logističke operacije. Obrađeni su i uslovi u kojima se mogu odvijati logističke operacije, raspored snaga i sredstava, specifičnosti podrške i obezbeđenja, priprema, organizacija i realizacija logističke operacije.

Ključne reči: operacija, logistika, sistem, podrška.

LOGISTIC OPERATION – ITS DEFINITION AND CLASSIFICATION

Summary:

Since logistic support has not been defined in our country yet, this paper contributes in determining the notion by its differentiation and classification. The constituents and the general aim of logistic operation are pointed out as well as the objectives of its particular types. Conditions under which logistic operations are conducted, distribution of human and material resources, particularities of support and protection, are treated as well as logistic operation preparation, organisation and realisation.

Key words: operation, logistics, system, support.

Uvod

Logističke operacije su posebna vrsta operacija koje izvodi ili u kojima može da učestvuje Vojska Srbije i Crne Gore. Ove operacije imaju značajne specifičnosti u odnosu na druge operacije. U vezi s tim, postoje teškoće u primeni jedinstvene metodologije, kategorijalno-pojmovnog sistema i terminologije operatike u njenoj teorijskoj razradi. Da bi se očuvala jedinstvena terminologija, u radu je učinjen napor da se maksimalno koristi opšti metodološki pristup. Postojanje različitih vrsta logističkih operacija ograničava ovo razmatranje na logističku operaciju kao ratnu kategoriju.

Pojam i vrste logističke operacije

Logistička operacija kao pojam može da se razmatra u širem i užem smislu. Kategorijalno-pojmovno je određujući u širem smislu, mora se uočiti da logistička operacija nije nužno ratna kategorija, jer može da se izvodi i u kriznim situacijama. Pod pojmom krizne situacije podrazumevaju se sve one situacije koje nastaju usled raznih uzroka, a za posledicu imaju značajna odstupanja od normalnog

funkcionisanja celokupnog sistema ili pojedinih segmenata sistema. Krizne situacije nastaju ugrožavanjem bezbednosti zemlje, ali i usled elementarnih nepogoda, tehničko-tehnoloških katastrofa i slično. Međutim, krizne situacije ne moraju nužno biti vezane za prostor i teritoriju države da bi se pojavila nužnost izvođenja logističke operacije. Na primer, elementarne nepogode mogu da se dogode na teritoriji druge države. U zavisnosti od obima pomoći koja se daje, može da se izvede logistička operacija shvaćena u širem smislu. Takođe, logistička operacija koja nije vezana za teritoriju same države je ona koja se provodi u mirovnim i humanitarnim snagama.

Logistička operacija u užem smislu podrazumeva ratnu kategoriju i obuhvata pripreme za rat, rat i neposrednu sanaciju posledica rata.

Pod logističkom operacijom, preliminarno, može da se podrazumeva najviši i najsloženiji oblik aktivnosti raspoloživih snaga zemlje na materijalno-tehničkom obezbeđenju vitalnih sistema i zdravstvenom i humanitarnom zbrinjavanju ljudi u kriznim situacijama i u ratu. U tom smislu, logistička operacija se izvodi na određenom prostoru i u određenom vremenu, prema jedinstvenom planu radi ostvarivanja postavljenih ciljeva. Tada se realizuje osnovna delatnost, a sama logistička operacija relativno samostalno.

Da bi pojam logističke operacije bio jasno određen, nužno ga je razgraničiti od bliskih i sličnih pojmova. Prvenstveno, pojam logističke operacije nužno je razgraničiti od pojma logističke podrške. Pod pojmom logističke podrške podrazumeva se neposredno obezbeđenje neke osnovne delatnosti čijom se realizacijom dosežu postavljeni ciljevi. Za razliku od logističke podrške, logističkom operacijom se realizuje osnovna delatnost. Radi boljeg razumevanja, i logistička operacija mora da ima logističku podršku. Treba naglasiti da, u suštini, isti sistem realizuje i logističku podršku i logističku operaciju. Na taj način proizilazi da se logističkom operacijom, u stvari, sistem u većini slučajeva bavi sam sobom, što je u suštini tačno.

Pojam logističke operacije treba razgraničiti od pojma restruktuiranja sistema koji se prvenstveno odnosi na shvatanje logističke operacije u užem smislu. Restruktuiranje sistema predstavlja trajnu promenu strukture sistema i, u većini slučajeva, ono se izvodi na sistemu, ali promenama nametnutim izvan njega. Nasuprot tome, logističkom operacijom realizuju se promene kojima sistem logističke podrške sam sebe menja, tako da se dovodi u povoljniji položaj radi efektivnije, efikasnije, ali i jeftinije realizacije logističke podrške. Mogućnost realizacije ovako shvaćene logističke operacije proizilazi iz elastičnosti i fleksibilnosti sistema logističke podrške.

U skladu sa navedenim, pojam operacije se prema pojmu logističke operacije odnosi kao rod prema vrsti. U tom smislu, logistička operacija se može definisati na sledeći način: „Logistička operacija je vrsta operacija u kojoj se osnovna delatnost provodi sa ciljem: zaštite ljudskih, materijalnih i infrastrukturnih resursa; uspostavljanja sistema i funkcija; neposrednog obezbeđenja materijalnih resursa za funkcionisanje sistema“.

Uvažavajući sve klasifikacije operacija, po svim principima deobe logističke

operacije se, prema nameni, mogu klasifikovati na:

– zaštitne logističke operacije,[1]

– logističke operacije za uspostavljanje sistema,

– pripremne logističke operacije,

– sanacione logističke operacije.

Zaštitne logističke operacije su one koje se realizuju radi zaštite ljudskih, materijalnih i infrastrukturnih resursa, uz istovremeno očuvanje funkcije sistema. Primer takve operacije je operacija raseljavanja materijalnih sredstava 1999. godine pri agresiji NATO-a na SRJ. Tom operacijom izvršeno je raseljavanje svih vantrupnih rezervi materijalnih sredstava Vojske Jugoslavije.

Logističke operacije za uspostavljanje sistema su one koje se realizuju radi uspostavljanja sistema ili pojedinih funkcija sistema. Primer takve operacije je prebacivanje svih potrebnih resursa iz raznih delova sveta u Saudijsku Arabiju radi formiranja snaga za realizaciju „Pustinjske oluje".

Pripremne logističke operacije su one koje se realizuju radi neposrednog obezbeđenja materijalnih resursa za nesmetano funkcionisanje sistema logističke podrške. Višestruko interesantan primer takve operacije je dotur materijalnih sredstava na reku Ha-lo-hsin hoa u Republici Mongoliji iz Sovjetskog Saveza 1939. godine u sklopu pripreme provođenja ofanzivne operacije radi izbacivanja snaga Japana iz Mongolije. Tada je po principu „ka sebi" poljskim putevima na udaljenosti od 650 km dotureno 18 000 t artiljerijske municije, 6500 t avionske municije, 15 000 t raznog tekućeg goriva i maziva, 4000 t namirnica svih vrsta, 7500 t čvrstog goriva i 4000 t ostalog tereta. Za to je bilo potrebno angažovati 3500 kamiona[2] i 1400 cisterni. Jedan obrt (tura) trajao je oko 5 dana.

Sanacione logističke operacije su one koje se realizuju radi otklanjanja posledica, vraćanja sistema u početno stanje ili dovođenje sistema u funkciju. Primer takve operacije je operacija vraćanja materijalnih sredstava 1999. godine nakon agresije NATO-a na SRJ. Tom operacijom vraćene su raseljene vantrupne rezerve i disperzirana trupna materijalna sredstva Vojske Jugoslavije i izmešteni proizvodni i remontni kapaciteti.

Ova klasifikacija dovoljna je da se mogu sagledati osnovne vrste logističkih operacija, kao i njihove karakteristike.

Uslovi u kojima se priprema, organizuje i izvodi logistička operacija

Osnovni uslov za izvođenje logističke operacije je postojanje logističkog sistema koji može da je realizuje. Navedeni logistički sistem može da postoji ili da bude formiran samo za realizaciju pojedine logističke operacije, ali moraju da postoje snage i sredstva od kojih taj logistički sistem može biti formiran. Veličina snaga i sredstava je relativna i direktno zavisi od vrste i obima logističke operacije koja se izvodi.

Uslovi izvođenja logističke operacije stalno se izučavaju, prvenstveno radi

[1] Postoji predlog da se ova grupa logističkih operacija nazove „preventivne logističke operacije".

[2] Pored navedenog, interesantno je da su, zbog nedostatka transportnih sredstava, bila angažovana i vučna vozila artiljerijskih oruđa, iako su jedinice 1. armijske grupe Crvene armije bile u neposrednom dodiru sa Japancima. Poznat je još samo jedan slučaj da je artiljerija u neposrednom dodiru ostavljena bez vučnih vozila, u oba slučaja bez posledica.

blagovremene pripreme snaga i sredstava za moguću realizaciju logističkih operacija u različitim uslovima. Radi lakšeg sagledavanja i lakše procene, uslovi se klasifikuju po različitim principima deobe. Najčešće se razvrstavaju na: opšte uslove okruženja, uslove realizacije, prostorne i vremenske uslove.

U opšte uslove okruženja svrstavaju se sva stanja, aktivnosti i odnosi u zemlji i van nje, a koji bitno određuju mogućnost planiranja, organizovanja i izvođenja logističkih operacija. Oni treba da omoguće opšti ambijent da bi se mogle izvoditi logističke operacije. U njih spadaju:

– pravni, koji znače jasno zakonsko određenje stanja u kome se izvodi logistička operacija;

– političko-diplomatski, kao stvaranje optimalne klime i jedinstva u zemlji za izvođenje operacije;

– ekonomski, izražen kroz stvaranje potrebnih materijalno-tehničkih i finansijskih uslova;

– mogućnost oslonca i podrške na državne i privredne subjekte.

Uspostavljanjem ovih uslova treba obezbediti povoljan odnos društva u odnosu na potrebu da se pripremi, organizuje i izvede logistička operacija.

Uslovi realizacije u kojima će se izvršavati logistička operacija su raznovrsni i imaju različit uticaj na tok njenog izvršenja.

U odnosu na stanje, logistička operacija može da se izvodi: u miru, u kriznim situacijama i u ratu.

Imajući u vidu vreme otpočinjanja agresije, logistička operacija može da se realizuje: pre otpočinjanja agresije, u toku agresije i nakon agresije.

U odnosu na prethodnu podelu, odnosno moguće uslove i vreme izvršenja logističke operacije, potrebno je da se sagledaju:

– vrste rata i cilj agresije: u okviru svetskog, regionalnog ili lokalnog rata, odnosno u agresiji sa radikalnim i/ili lokalnim ciljem;

– nuklearno-hemijsko-biološki uslovi: upotreba konvencionalnog, hemijskog, nuklearnog i biološkog oružja;

– vrsta i vid strategijske operacije na ratištu: u uslovima strategijske ofanzive, ili defanzive ili u okviru zajedničkih vojnih i nevojnih operacija (mirovnih, humanitarnih i drugih), u okviru svetskih ili regionalnih integracija;

– stepen prevlasti u vazdušnom prostoru.

S obzirom na vreme izvršenja mobilizacije, logistička operacija može se izvršavati: pre izvršenja mobilizacije, u toku mobilizacije i posle izvršene mobilizacije.

Pri izvršenju logističke operacije pre mobilizacije može se pojaviti problem obezbeđenja potrebnih snaga i sredstava. Zato, tokom njenog izvođenja pre izvršenja mobilizacije neće dolaziti do pojave grupisanja ljudstva i sredstava, do kojih dolazi pri izvršenju mobilizacije.

Uslovi izvođenja logističke operacije dodatno se usložavaju uporednim izvršavanjem: funkcionalnih zadataka, istovremenom mobilizacijom logističkog sistema i mobilizacijom jedinica, dok se osnovne pretpostavke izvođenja menjaju u vremenu.

Prostorni uslovi obuhvataju: reljef i klimu, orografske i petrografske karakteristike prostora, oblik i veličinu zone i infrastrukturu.

Vremenski uslovi bitno utiču na pripremanje, organizovanje i izvođenje logističke operacije. Vreme, kao period rata u kojem se priprema, organizuje i izvodi logistička operacija, može presudno uticati na sve ostale uslove. Ono, kao trajanje, mora se sagledavati, prvenstveno, kao raspoloživo vreme za izvođenje logističke operacije. Kao deo dana, vreme utiče na mogućnost izvođenja pojedinih aktivnosti. S obzirom na meteorološke uslove, logistička operacija se može izvoditi: u povoljnim meteorološkim uslovima i u nepovoljnim meteorološkim uslovima: visoka temperatura, kiša, sneg, mraz i niska temperatura.

Cilj logističke operacije

Opšti cilj logističke operacije, kao ratne kategorije, jeste da se delatnošću sistema logističke podrške isti sistem dovede u najpovoljnije stanje za izvršenje sopstvenih zadataka.

Ciljevi logističke operacije, po vrstama logističkih operacija, mogu biti različiti.

Ciljevi zaštitne logističke operacije su da se:

– delatnošću delova sistema logističke podrške zaštite njegovi resursi od destrukcije;

– očuva funkcija sistema logističke podrške.

Ciljevi logističke operacije za uspostavljanje sistema su da se:

– pripreme svi materijalni i infrastrukturni resursi za uspostavljanje celokupnog sistema za izvođenje borbenih dejstava;

– dovedu na određeni prostor svi ljudski i materijalni resursi za uspostavljanje celokupnog sistema za izvođenje borbenih dejstava;

– uspostavi sistem za neposrednu logističku podršku konkretne operacije.

Ciljevi pripremne logističke operacije su da se:

– pripreme svi materijalni resursi neophodni za neposrednu logističku podršku izvođenja borbenih dejstava;

– uspostavi sistem za neposrednu logističku podršku konkretne operacije.

Ciljevi sanacione logističke operacije su da se:

– otklone posledice borbenih dejstava;

– celokupan podržavani sistem nakon izvođenja borbenih dejstava dovede u željeno stanje;

– sistem logističke podrške dovede u željeno stanje nakon izvođenja borbenih dejstava.

Snage za komandovanje i izvođenje logističke operacije

Snage za komandovanje i rukovođenje u operaciji predstavljaju deo snaga jedinstvenog sistema komandovanja i rukovođenja u Vojsci.

Logističku operaciju priprema, organizuje i izvodi komanda operativnog ili strategijskog nivoa. Za pojedine logističke operacije mogu se formirati posebne komande – privremena komanda, sastavljena od starešina različitih specijalnosti iz jedne ili više različitih komandi ili posebni tim u okviru jedne komande. Specifičnost komandovanja i rukovođenja logističkim operacijama sastoji se u tome da za neke vrste logističkih operacija (na primer, za raseljavanje RMR), jednu logističku operaciju može da izvo-

di više komandi, uz usmeravanje sa jednog – višeg komandnog nivoa.

Zbog složenosti savremenih logističkih operacija potrebno je izdvojiti snage za rukovođenje i komandovanje, odnosno formirati poseban tim u jednoj ili posebne timove u više komandi, koje će pripremati, organizovati i voditi konkretnu logističku operaciju.

Snage za izvođenje logističke operacije određuju se u odnosu na specifičnost objekta nad kojim se izvode, u svim svojim pojavnim oblicima, kao i na obim tehnoloških zahteva koji se moraju realizovati. Ipak, interesantna je samo određena klasa logističkih operacija. U klasu logističkih operacija koje će se razmatrati svrstane su sve njene vrste, po nameni, težišno kopnene logističke operacije, u užem smislu, odnosno kao ratna kategorija, a čiji su objekat materijalna sredstva.

U tom smislu, snage za izvođenje operacije su: ljudstvo, tehnološki elementi, infrastrukturni objekti i sredstva obezbeđenja i podrške.

Kada se radi o ljudstvu, kvantitativna svojstva se iskazuju njihovim brojem u raznovrsnim tehnološkim celinama i formacijskim sastavima namenjenim za realizaciju osnovne delatnosti i izvođenje borbenih dejstava, koji su opremljeni raznovrsnim borbenim i drugim sredstvima.

Opšta kvalitativna svojstva ljudskog potencijala ispoljavaju se kroz borbeni moral, psihofizičku pripremljenost, osposobljenost, ratno iskustvo, itd. Posebna kvalitativna svojstva ljudskog resursa izražavaju se kroz specijalnost i nivo obučenosti. To presudno utiče na kvalitet i brzinu realizacije pojedinih radnji, a time i logističke operacije u celini. Posebnu pažnju nužno je posvetiti na izbor ljudi za pojedina kritična mesta.

Tehnološki elemenat je resurs kojim se realizuje tehnološki zahtev. Tehnološki zahtev je elementarna aktivnost koja nastaje raščlanjavanjem zadataka sistema na nivo da postoji elemenat koji može da ih realizuje. U logističkim operacijama najzastupljeniji tehnološki elementi su transportna i manipulativna sredstva.

Kvalitativna svojstva tehnoloških elemenata iskazuju se kroz nivo prilagođenosti njihovih taktičko-tehničkih karakteristika za realizaciju tehnoloških zahteva u određenim uslovima. Izbor tehnoloških elemenata za realizaciju pojedinih zahteva presudno utiče na kvalitet i brzinu realizacije zadatka. Kvantitativna svojstva tehnoloških elemenata iskazuju se brojem u raznovrsnim celinama, namenjenim za realizaciju osnovne delatnosti u zavisnosti od primenjene tehnologije i organizacije, a u odnosu na raspoloživo vreme i dinamiku realizacije.

Infrastrukturni objekti predstavljaju prostor u kojem se skladište materijalna sredstva ili razmeštaju proizvodni, remontni ili sanitetski kapaciteti. Kvantitativna svojstva infrastrukturnih objekata iskazuju se korisnom površinom ili zapreminom. Kvalitativna svojstva infrastrukturnih objekata iskazuju se i kroz nivo njihove prilagođenosti skladištenju određenih materijalnih sredstava ili razmeštaju proizvodnih, remontnih ili sanitetskih kapaciteta.

Trajanje logističke operacije

Za svaku logističku operaciju određuje se trajanje. Ono se može podeliti na

vreme za: pripremu, organizovanje i izvođenje operacije.

Vreme za pripremu može se podeliti na vreme opštih i vreme neposrednih priprema. Na taj način, vreme za pripremu, očigledno, postaje promenljiva kategorija koja zavisi od velikog broja faktora.

Vreme prethodnih priprema odgovara vremenu ukupnih priprema države i društva za rat i/ili za elementarne nepogode, tehničko-tehnološke katastrofe i slično. Ovo vreme se iskazuje kroz kratkoročne, srednjoročne i dugoročne planove priprema, opremanja i razvoja vojske i društva u celini.

Vreme neposrednih priprema traje od momenta prijema zadatka i obuhvata vreme za rad komande na donošenju odluke i za pripremu jedinica i subjekata privrede, države i društva, koji se planiraju za učestvovanje u logističkoj operaciji.

Vreme za organizovanje logističke operacije traje od momenta saopštavanja odluke do stvaranja potrebnih uslova za izvođenje operacije. Vreme za izvođenje operacije deli se na etape. Ono se definiše za svaku etapu, odnosno usklađuje u odnosu na prostor, način i intenzitet angažovanja jedinica i svih subjekata privrede, države i društva, predviđenih da učestvuju u logističkoj operaciji.

Pri proceni trajanja realizacije logističke operacije mora se voditi računa o njenoj dinamici, ako se želi izbeći loša procena potrebnog vremena za njenu realizaciju. Naime, prosečne vrednosti parametara neće dati realnu procenu trajanja logističke operacije.

Trajanje logističke operacije je veličina koja se mora dobiti proračunom. Do potrebnog trajanja logističke operacije, odnosno skraćivanja njenog trajanja, dolazi se promenom ulaza u proračun, to jest promenom organizacije i tehnologije izvršenja, izborom tehnoloških elemenata, itd.

Logistička operacija završava se prekidom njenog izvođenja (po odluci pretpostavljenog ili onemogućavanjem iz različitih razloga).

Grupisanje snaga i operativni raspored

Kada se radi o logističkoj operaciji, pod grupisanjem snaga podrazumeva se uspostavljanje takve strukture u sistemu koja može da realizuje logističku operaciju.[3] U zavisnosti od dobijenog zadatka, obima i složenosti posla, a u skladu sa osnovnom zamisli i odlukom, planom logističke operacije, od ukupnih raspoloživih snaga za izvođenje operacije, formiraju se organizacione i tehnološke celine koje tu operaciju treba da realizuju.

Organizacione i tehnološke celine, same za sebe, ne bi mogle da funkcionišu bez njihovog povezivanja informacionim i materijalnim tokovima. Polazeći od osnovne zamisli, procene situacije i odluke, ukupne snage za logističku operaciju dele se i organizuju u pojedine organizacione i tehnološke celine, međusobno povezane radi realizacije sasvim konkretnih zadataka. Znači, uspostavlja se jedinstven sistem za realizaciju logističke operacije.

Da bi te organizacione i tehnološke celine mogle da funkcionišu u konkretnom slučaju, neophodno ih je dovesti i

[3] Potrebno je naglasiti da uspostavljanje strukture za realizaciju logističke operacije ne znači narušavanje postojećeg sistema, već se na osnovu njegove elastičnosti i fleksibilnosti uspostavlja najbolja struktura, uvažavajući ograničenja, za realizaciju logističke operacije.

rasporediti u prostoru, tako da im se stvore najpovoljniji uslovi za izvršenje zadatka, a prema planu logističke operacije. Taj prostor u kojem se raspoređuju organizacione i tehnološke celine predstavlja zonu operacije.[4] U tom smislu, grupisanje snaga i operativni raspored za logističku operaciju predstavlja:

– formiranje organizacionih i tehnoloških celina,

– povezivanje organizacionih i tehnoloških celina u jedinstven sistem,

– dovođenje i raspoređivanje organizacionih i tehnoloških celina u prostoru, što se usklađuje planom logističke operacije.

Uspostavljanje navedene strukture predstavlja veoma složen, ali i neophodan proces, da bi se logistička operacija uopšte mogla realizovati. Procesi koji se odvijaju u tom sistemu, a koji predstavljaju deo ovog postupka, različiti su, kao što su to i razmene informacija, materijalni tok, podrška, sadejstvo, koordinacija, kontrola i slično.

Organizacione i tehnološke celine tog sistema formiraju se prema konkretnoj situaciji, a najčešće se grupišu prema nameni na snage za: komandovanje, realizaciju (tehnološke celine), borbeno osiguranje, snage za podršku i ostale snage.

Snage za komandovanje mogu biti formacijske, ali se često formiraju i privremene komande koje planiraju i organizuju operaciju.

Snage za realizaciju formiraju se u zavisnosti od vrste i obima posla. Osnov za njihovo formiranje čine logističke jedinice i ustanove, a mogu se koristiti i resursi privrednih i drugih subjekata, u zavisnosti od potreba. Za konkretno izvršenje zadataka ove snage se grupišu prema tehnološkim zahtevima u tehnološke celine, čiji se sastav u toku realizacije može menjati do toga da pojedine tehnološke celine mogu biti u toku realizacije rasformirane, a da se nove formiraju.

Snage za borbeno osiguranje snaga za realizaciju poseban su element operativnog rasporeda, formiran od raznih jedinica (jedinica KoV, pomorskih snaga, LBA, LA, PVO, specijalnih snaga, itd., a imaju zadatak da svojim borbenim dejstvima i neborbenim aktivnostima obezbede realizaciju logističke operacije.

Snage za podršku formiraju se prvenstveno od sastava logističkih jedinica i ustanova, ali i drugih sastava koji imaju zadatak da svojim aktivnostima obezbede neprekidnost izvođenja logističke operacije u tehnološkom smislu.

Ostale snage čine sve organizacione i tehnološke celine u operativnom rasporedu namenjene za stvaranje povoljnih uslova za realizaciju logističke operacije. Formiraju se, prvenstveno, od logističkih jedinica, ali i od privrednih i drugih subjekata.

Prema osnovnoj zamisli, odluci i planu operacije sve organizacione i tehnološke celine namenjene za izvođenje konkretne logističke operacije raspoređuju se i grupišu u zoni operacije. Tako se formira početni operativni raspored snaga za realizaciju logističke operacije. Dinamika izvođenja konkretne operacije, u najrazličitijim uslovima, pred rukovođenje i komandovanje postavlja problem izmene, prilagođavanja i podešavanja operativnog rasporeda u toku izvođenja operacije. Iz početnog operativnog rasporeda, u toku realizacije logističke operacije

[4] Ne radi se samo o početnom rasporedu, nego i o promeni rasporeda u toku realizacije logističke operacije.

mogu da se nametnu ili uslove druga rešenja u odnosu na prvobitni plan.

Grupisanje i operativni raspored snaga u logističkoj operaciji treba da obezbedi efikasno izvršenje logističke operacije, čime se stvaraju osnovni preduslovi za efektivnu i efikasnu logističku podršku.

Specifičnosti sadržaja, obezbeđenja i podrške

Logistička operacija, kao ratna kategorija, za dominantan sadržaj ima dovođenje sistema logističke podrške u najpovoljnije stanje za izvršavanje zadataka. Pored toga, u nekim posebnim, specifičnim slučajevima, može da obuhvata i druge vrste dejstava, kao što su:

– artiljerijsko-raketna dejstva PVO, kojima se uništavaju neprijateljeve snage i sredstva u vazdušnom prostoru i stvaraju povoljni uslovi za realizaciju logističke operacije;

– specijalna dejstva jedinica sva tri vida Vojske koje izvršavaju različite zadatke i imaju za cilj obezbeđenje povoljnih uslova za realizaciju logističke operacije;

– artiljerijsko-raketna dejstva, kojima se, u koordinaciji sa vazduhoplovnim dejstvima, uništavaju izabrani objekti neprijatelja u dometu raspoloživih artiljerijskih oruđa i raketnih sistema zemlja-zemlja radi sprečavanja ometanja realizacije logističke operacije;

– elektronska dejstva, kojima se obezbeđuju podaci o namerama neprijateljevih snaga i njihovim objektima dejstva radi zaštite sopstvenih snaga i sredstava;

– dejstva pešadijskih i oklopnih snaga koja se izvode radi zaštite zone na kojoj se realizuje logistička operacija;

– nuklearno-hemijska i biološka dejstva koja predstavljaju sprovođenje PNHB obezbeđenja snaga u logističkoj operaciji. Ono obuhvata postupke pojedinaca, jedinica i komandi kojima se nastoji umanjiti efekat dejstva nuklearnim i hemijskim oružjem po živoj sili, materijalnim sredstvima i teritoriji.

U određenim situacijama u logističkoj operaciji mogu biti primenjena brodska, podmornička i druge vrste dejstava, u zavisnosti od specifičnosti logističke operacije u konkretnom slučaju.

Obezbeđenje logističke operacije obuhvata sve vrste obezbeđenja koja važe za Vojsku u celini, a prilagođeno uslovima u kojima će se logistička operacija pripremati i izvoditi. Posebne specifičnosti postoje u obaveštajnom i bezbednosnom obezbeđenju, borbenom osiguranju i logističkoj podršci.

Obaveštajno obezbeđenje obuhvata mere, postupke i aktivnosti koje se preduzimaju radi prikupljanja obaveštajnih podataka o namerama neprijatelja vezanim za izvođenje logističke operacije. Težište treba da bude na prikupljanju podataka o mogućim objektima dejstva neprijatelja u zoni izvođenja logističke operacije.

Bezbednosno obezbeđenje obuhvata mere, postupke i aktivnosti koje se preduzimaju radi zaštite ljudi i materijalno-tehničkih sredstava, kao i svih postupaka i radnji, od svih vrsta ugrožavanja i stvaranja povoljnih uslova za izvođenje operacije.

Borbeno osiguranje obuhvata mere i postupke koje preduzimaju sve komande i jedinice iz sastava snaga angažovanih u operaciji u zoni operacije, radi zaštite od dejstava neprijatelja sa zemlje i iz vazdu-

šnog prostora, kako bi se umanjili efekti tih dejstava i stvorili povoljni uslovi za pripremanje i izvođenje operacije.

Logistička podrška logističke operacije obuhvata skup mera i postupaka komandi, jedinica i ustanova kojima se obezbeđuju povoljni materijalno-tehnički i zdravstveni uslovi u toku pripreme i izvođenja logističke operacije. Otežavajući faktor jeste da je praktično isti sistem nosilac izvođenja i logističke operacije i logističke podrške logističke operacije. Istovremeno, isti sistem mora da se bavi i logističkom podrškom svih jedinica i ustanova.

U logističkoj operaciji ne postoji naglašena specifičnost komandovanja u pripremi i u izvođenju operacije. Moguće je da se pojave određene specifičnosti u pojedinim vrstama logističkih operacija, ali prvenstveno u sistemu veza u toku izvođenja operacije. To se, pre svega, odnosi na održavanje veze sa kolonama i pojedinačnim vozilima. U takvim slučajevima vođe kolona se javljaju komandi sa unapred određenih punktova.

Tok operacije predstavlja niz procesa i aktivnosti koji se odvijaju u operaciji od osnovne zamisli za izvođenje operacije do dostizanja njenog cilja. Procesi i aktivnosti koji se odvijaju mogu se, uslovno, grupisati u tri grupe: pripremu, organizaciju i izvođenje. Osnovni procesi koji se odvijaju su slični ostalim operacijama, pa ćemo izdvojiti samo određene specifičnosti.

Uređenje teritorije se obavlja u miru, u periodu neposredne ratne opasnosti i u ratu, posebno izgradnjom ili prilagođavanjem objekata za zaštitu ljudstva, tehnike i rezervi. Priprema infrastrukture je dug i skup proces, tako da se mora pravovremeno sagledati postojeća infrastruktura koja postoji na datom prostoru i koja može da se koristi.

Obuka je osnovna delatnost komandi i jedinica u miru. Složene radnje i postupci zahtevaju visoku obučenost pojedinaca i jedinica. Izuzetno visoka dinamika i intenzitet odvijanja procesa na širokom prostoru, često u uslovima kratkog raspoloživog vremena, zahtevaju visoko osposobljene i adekvatno opremljene komande. Logistička operacija je veoma složena i mogu je planirati, organizovati i izvesti samo vrhunski obučene komande i jedinice.

Priprema i organizovanje operacije

Neposredne pripreme počinju prijemom direktive ili zapovesti za operaciju. Započinje radom u komandi koja je planira, organizuje i vodi, a nakon prijema pripremnih naređenja ili zapovesti i radom u jedinicama i sastavima koji se angažuju u operaciji. Pred komandu se postavlja složen zadatak – obično sa ograničenim resursima i u ograničenom vremenu treba realizovati operaciju. Zato se nameće potreba za paralelnim odvijanjem niza procesa, kako u planiranju i organizaciji, tako i u izvođenju same operacije.

Organizovanje operacije predstavlja proces formiranja organizaciono-tehnološkog sistema za izvođenje logističke operacije. Svojim funkcionisanjem taj sistem treba da obezbedi ostvarenje postavljenog cilja operacije. Organizaciono-tehnološki sistem koji se formira za reali-

zaciju logističke operacije spada u klasu složenih dinamičkih sistema, koji u svoj sastav uključuje ljudstvo veoma različitih specijalnosti, raznovrsnu borbenu i neborbenu tehniku i druga materijalna sredstva, organizovana u organizacione i tehnološke celine. Procesi koji se odvijaju u toku izvođenja logističke operacije su složeni, pa je neophodna međusobna precizna usklađenost funkcionisanja ovih organizacionih i tehnoloških celina.

Organizovanje počinje još u procesu procene situacije, odlučivanja i izrade planova gde se definišu osnovne organizacione i tehnološke celine i njihove međusobne relacije u operaciji. U procesu organizovanja sve se to materijalizuje u prostoru i vremenu, formiranjem operativnog rasporeda, organizovanjem sadržaja, obezbeđenja i podrške logističke operacije i uspostavljanjem osnova sistema rukovođenja, komandovanja i saradnje.

Formiranje operativnog rasporeda u logističkoj operaciji može da bude iz mirnodopskog rasporeda, u toku mobilizacije, nakon mobilizacije, pre početka agresije, nakon početka agresije, itd. Specifičnost u organizovanju logističke operacije je u tome što pojedine tehnološke celine mogu da funkcionišu nezavisno od drugih tehnoloških celina, pa nije neophodan potpuni operativni raspored da bi se započelo sa izvođenjem logističke operacije.

Osnovni elementi ovog rasporeda su tehnološke celine koje neposredno realizuju tehnološke zahteve. U zavisnosti od obima i vrste posla, raspoloživog vremena i raspoloživih resursa formiraju se tehnološke celine različitih veličina i sastava i raspoređuju u prostoru prema planu. Na taj način se operacionalizuju i materijalizuju osnovni sadržaji logističke operacije. Organizovanje ostalih sadržaja i obezbeđenja u logističkim operacijama zasniva se na istim principima kao i u ostalim operacijama. Specifičnost logističke podrške sastoji se u tome da praktično isti sistem realizuje i logističku podršku logističke operacije i logističku operaciju.

Komandovanje i rukovođenje organizuje se oslanjanjem prvenstveno na razvijenu mrežu stacionarnih sistema veze, ali i korišćenjem svih raspoloživih vrsta veze. Kvalitet komandovanja i rukovođenja bitno zavisi od raspolaganja i umešnog korišćenja savremenih informacionih i komandno-informacionih sistema.

Izvođenje logističke operacije

Izvođenje logističke operacije počinje aktiviranjem plana operacije. Da bi započelo nije neophodno da grupisanje i operativni raspored budu završeni. Tehnološke celine koje su uspostavljene mogu da počnu sa funkcionisanjem odmah, a ostale tehnološke celine se uključuju u izvođenje operacije nakon njihovog uspostavljanja. Na taj način intenzitet realizacije logističke operacije raste u vremenu do maksimuma gde se stabilizuje. Završetkom konkretnog zadatka pojedine tehnološke celine mogu da budu prebačene na druge zadatke, mogu da se ugase, da se rasformiraju, a umesto njih mogu da se formiraju druge. U toku realizacije neprestano se prate i evidentiraju sve promene koje se dešavaju na sredstvima. Praćenjem i evidentiranjem promena omogućava se funkcija sistema logističke podrške nakon završetka logističke operacije.

U toku realizacije logističke operacije teži se da se vozila prvenstveno kreću pojedinačno, da na radnim mestima ne dolazi do nagomilavanja ljudstva i transportnih sredstava, što se postiže usklađivanjem rada utovarno-istovarnih stanica i transportnih kapaciteta. Logistička podrška u toku realizacije logističke operacije organizuje se osloncem na teritoriju i formiranjem interventnih ekipa.

Korektivna naređenja, u toku izvođenja logističke operacije, moraju da budu usklađena sa opštim planom i da obezbede da ne dođe do narušavanja informacionog sistema, koji je, često, presudan za ovakvu vrstu operacija. Izvršenje logističke operacije nema smisla ako se sredstva nakon njenog završetka ne mogu koristiti.

Zaključak

Ovaj rad predstavlja kod nas prvi pokušaj kategorijalno-pojmovnog određenja logističke operacije, kao i klasifikacije vrsta ove operacije. Učinjen je napor da se ova vrsta operacija predstavi na jedan, uslovno rečeno, formalizovan način, što u osnovi, nije jednostavno, naročito ako se logistička operacija razmatra u širem smislu.

Uslovi i stanja u kojima može da se realizuje logistička operacija skoro da su neograničeni. Ona može da se izvodi u miru, na primer u slučaju restruktuiranja sistema logističke podrške, u kriznim situacijama, u uslovima ugrožavanja bezbednosti zemlje, zbog elementarnih nepogoda, tehničko-tehnoloških katastrofa i slično, kao i u ratu. I pored klasifikacije uslova i stanja mora se uočiti da postoji višedimenzionalnost logističke operacije, odnosno, da tehničko-tehnološke katastrofe mogu da se dogode i u miru i u ratu. Proglašavanje tehničko-tehnološke katastrofe kriznim stanjem treba uslovno shvatiti ili vršiti dalju detaljniju klasifikaciju stanja i uslova.

Logistička operacija opisana je na jednom opštem nivou, tako da postoji potreba detaljnijeg opisa pojedinih vrsta logističkih operacija.

Pojedine vrste logističkih operacija svakako su od strategijskog značaja, kao na primer raseljavanje, disperzija ili izmeštanje remontnih i proizvodnih kapaciteta, bez obzira na uzroke zbog kojih se one realizuju. Neke od tih operacija moraju biti regulisane zakonskim aktima, kao što su pripreme za sanaciju elementarnih nepogoda i tehničko-tehnoloških katastrofa, a neke podzakonskim aktima, uredbama, pravilima i drugom normativnom regulativom.

Ovakvim razmatranjem, u svakom slučaju, otvara se jedno široko polje koje je potrebno sagledati, opisati, projektovati i normativno urediti.

Literatura:

[1] Munro, N.: Supply operations, National defense, May-June, 1987.

[2] Thompson, H. R.: Logistics revolution: Providing the means to win land battle, Army logistics, 10/83.

[3] Pantelić, V.: Snabdevanje tehničkim materijalnim sredstvima, CVTŠ, KoV JNA, Zagreb, 1986.

Dr Marko Andrejić,
potpukovnik, dipl. inž.
mr Nebojša Nikolić,
potpukovnik, dipl. inž.
Vojna akademija – ŠNO, Beograd
mr Dejan Stojković,
kapetan,
Vojna akademija – Odsek logistike, Beograd

LOGISTIČKA PODRŠKA LOGISTIČKIM OPERACIJAMA

UDC: 355.42/.43 : 355.415

Rezime:

U radu se razmatra logistička operacija i njena logistička podrška. Pored klasičnog pristupa operacijama, uvode se i određene novine. Obrađuju se bitna obeležja logističkih operacija, ističu funkcije i zadaci logističke podrške, preporuke za kvalitetnu logističku podršku i njeni principi. Obrađuje se i naglašava značaj planiranja i upravljanja logističkom podrškom logističkim operacijama, i ukazuje na smer usavršavanja logističke podrške. Logistički sistem i operacija razmatraju se kroz čitav životni ciklus, a logistička podrška sa različitih aspekata. Naglašava se postupnost u rešavanju problema, primenjuje hijerarhijsko dekomponovanje, klasifikacija činjenica i ističu težišta i prioriteti.

Ključne reči: logistička operacija, logistička podrška, planiranje, upravljanje.

LOGISTIC SUPPORT OF LOGISTIC OPERATIONS

Summary:

The paper treats logistic operation and its logistic support Certain new moments are introduced into the classical approach to logistic operations Besides the fundamental characteristics of logistic operations, the paper gives logistic support functions and tasks as well as its principles and recommendations for rising its quality. The importance of planning and managing logistic support of logistic operations is stressed, with the accent on tendencies in its improvement. Logistic systems and operations are followed through their life cycles while logistic support is treated from different aspects. Hierarchical decomposition and data classification are applied. Successivity in problem solving is pointed out as well as main points and priorities.

Key words: logistic operation, logistic support, planning, managing.

Uvod

U našoj novijoj teoriji i praksi logističke operacije nisu dovoljno istraživane, a ni definisane, ni sa organizacionog ni sa tehnološkog aspekta. Samim tim i logistička podrška logističkim operacijama nedovoljno je razmatrana u našoj teoriji i praksi. Određena iskustva stečena tokom agresije NATO-a na SRJ, potrebe prakse, zahtevi vremena i savremeni trendovi u razvoju vojnih nauka ukazali su na potrebu da se ovaj segment više rasvetli.

Logistička podrška logističkim operacijama ne može se istraživati i u praksi sprovoditi ako se ne poznaju bitna obeležja logističke operacije. Pravovremeno donošenje odluke o početku logističke operacije ključ je za njenu kvalitetnu realizaciju i logističku podršku. Preuranjene odluke mogu izazvati određene negativne implikacije u javnom mnjenju, a zakasnele odluke nisu dovoljno svrsishodne.

Da bi se donela blagovremena i svrsishodna odluka o početku izvođenja logističke operacije, neophodno je znati za koje se vreme željenom dinamikom može realizovati (određene vrste i obima), uz moguća ometanja, sa raspoloživim resursima i mogućom logističkom podrškom, uz poštivanje propisane organizacije i tehnologije izvršavanja zadataka i uvažavanje promena intenziteta izvođenja logističke operacije u vremenu. Nekada će ta činjenica zahtevati obezbeđenje dodatnih resursa ili odustajanje od nekih zadataka. Određivanje tog vremena ozbiljan je posao koji se mora uraditi u miru i predočiti donosiocima odluka.

Kvalitetne pripreme za izvođenje logističke podrške operaciji vrlo su važan preduslov za njenu uspešnu realizaciju, a u okviru priprema poseban značaj zaslužuje planiranje. U toku izvođenja logističke operacije jedan sistem, angažovanjem svojih resursa, realizuje osnovnu delatnost i istovremeno je podržava, pa je u ovoj fazi vrlo bitno upravljanje njenom realizacijom i upotrebom resursa.

Pri razmatranju logističke operacije i njene logističke podrške primenjivaće se izvesna analogija sa klasičnim operacijama, ali će se koristiti i pristup primereniji postojećem tehničko-tehnološkom razvoju, zasnovan na određenim dostignućima projekt-menadžmenta i organizacionih nauka. Informacija o ceni izvođenja operacije na predviđeni način i ceni njene logističke podrške sve češće će se, pod uticajem javnosti, tražiti od donosioca odluka i planera operacije.

Određeni aspekti i segmenti logističke podrške logističkim operacijama u ovom radu su uopšteni, a oslanjaju se na iskustva autora, na istraživanja u kojima su učestvovali i na dostupne izvore. Navedeni pristup omogućava veću generalnost izrečenih stavova, a, s druge strane, može dobiti i na snazi (dubini i preciznosti) ukoliko se valjano operacionalizuje na svaki konkretan slučaj.

Osnovna obeležja logističkih operacija

Logistička operacija se izvodi prema jedinstvenom planu, na određenom prostoru i u određenom vremenu, radi dostizanja određenih ciljeva, ostvarenjem rezultata i izvršavanjem zadataka. Aspekti oblikovanja ciljeva logističke operacije, u zavisnosti od konkretnih okolnosti, jesu: vojni, tehničko-tehnološki, ekonomski, društveno-politički, ekološki, i dr. Izvođenje logističke operacije može se odvijati u različitim uslovima: društveno-političkim, bezbednosnim (mir, krizna stanja, mobilizacija, rat), vremenskim, prostornim, ekonomskim, i dr. Izvođenje može biti vezano za teritoriju matične države ili izvan matične teritorije.

Zajednička obeležja svih logističkih operacija jesu: cilj, rokovi (vreme), kompleksnost, obim zadataka, resursi (kadar, materijalna sredstva, prostor), organizaciona struktura, informacioni i kontrolni sistem, nivo komandovanja koji je planira, organizuje, izvodi i njome komanduje pri realizaciji.

Osnovni elementi logističke operacije, kao složene radnje (projektnog tipa), jesu**:** aktivnosti; vreme; resursi (kadrovski, materijalni, prostorni, informacioni, energetski i dr.) i troškovi (novac). Pri razmatranju kadrovskih resursa neophodno je izdvojiti kadrove koji upravljaju (upravljačka struktura); koji izvode ope-

raciju, koji pružaju zaštitu (borbenu) i koji pružaju logističku podršku.

Opšte karakteristike logističke operacije su: osnovno je sredstvo za ostvarenje određenih ciljeva; objekat je izuzetne pažnje protivnika koji će nastojati da je oteža i spreči na sve moguće načine; složena je i dinamična pojava sa vrlo složenom tehnologijom izvođenja; velikih je razmera (prostor, angažovani resursi, upravljački nivoi, ...); permanentno vrednovanje i izražavanje težišta i prioriteta; visok intenzitet izvođenja; veoma brzo trošenje snaga i sredstava; veliko naprezanje ljudstva i tehnike, a moguć je (u slučaju iznenađenja i kasno donete odluke) i veliki procenat gubitaka u živoj sili i materijalnim sredstvima i nepovoljna struktura gubitaka; nastoji da se izvede do kraja bez promene prvobitne zamisli.

Za logističku operaciju, kao složenu aktivnost, karakteristična su dva vremenska perioda – priprema i realizacija. Svakom od ovih perioda treba obezbediti adekvatnu logističku podršku.

Pripreme za realizaciju logističke podrške operaciji obuhvataju opšte i neposredne pripreme. U okviru opštih priprema za odbranu zemlje i postupanja u kriznim situacijama treba, sa svih aspekata, razmatrati i logističke operacije kao realnu mogućnost, pripremati se za njihovu realizaciju i logističku podršku. U ovoj fazi vrlo je bitno sagledati cenu izvođenja operacije po svim funkcijama, subjektima angažovanja i objektima logističkog razmatranja, pri čemu logističke objekte i subjekte treba posmatrati kroz čitav životni ciklus (problemi nakon izvođenja operacije, mogući invaliditet ljudstva, zbrinjavanje porodica, i dr.).

Neposredna priprema, po svim funkcionalnim oblastima operacije, traje od momenta prijema direktive (zapovesti, zadatka...) za izvođenje operacije do početka izvođenja operacije. U ovoj fazi vrlo je bitno sagledati uticaj okruženja (pretnje i šanse), predvideti i prognozirati zahteve koji se generišu prema logističkoj podršci, mogućnosti logističke podrške i na osnovu toga doneti adekvatne odluke i izraditi kvalitetne planove (dokumente). U toku pripreme (planiranja) treba projektovati i snage za izvođenje operacije i snage za zaštitu izvođenja i snage za logističku podršku, a što zahteva kvalitetan kvantitativni prilaz rešavanju problema.

Izvođenje operacije uslovljeno je brojnim faktorima i elementima situacije. Tehnologija izvođenja operacije vrlo je složena i podrazumeva: grupisanje resursa (jedinica – snaga) za izvođenje operacije u prostoru i vremenu, po organizacionim oblicima i celinama; dinamiku pretpočinjavanja i pridavanja jedinica (formiranih struktura) i resursa tokom izvođenja operacije; dinamiku dejstva i kretanja elemenata borbenog rasporeda (snaga i sredstava) u vremenu i prostoru; dinamiku trošenja resursa (goriva, municije, ...) u vremenu i prostoru; dinamiku nastajanja gubitaka u živoj sili, u vremenu i prostoru; otkaze i oštećenja TMS po mestu, vremenu, vrsti i obimu; vremenske norme trajanja određenih tehnoloških aktivnosti. Produžetkom trajanja operacije mogu se javiti određene operativne krize, pa je opšti trend na skraćenju vremena izvođenja logističke operacije.

Funkcije, karakteristike i principi logističke podrške

Logistička podrška predstavlja operacionalizaciju opštih postavki teorije i prakse logistike (veština i nauka upra-

vljanja i inžinjeringa) u organizaciji Vojske. Kao poseban sistem obezbeđuje da se usklađenim odnosom, organizacijom i angažovanjem logističkih službi realizuje materijalna, zdravstvena i infrastrukturna podrška Vojsci. U skladu s tim, pod pojmom logistička podrška logističkoj operaciji će se, u daljem izlaganju, podrazumevati neposredno obezbeđenje i podrška (materijalna, zdravstvena, tehnička i infrastrukturna) logističkoj operaciji, kao osnovnoj delatnosti koja se sprovodi angažovanjem određenih resursa logističkog sistema. Važno je uočiti da deo zadataka iz domena logističke podrške logistički organi propisuju, a sprovode ostali subjekti odbrane.

Objektni cilj logističke podrške logističkoj operaciji jesu: proizvodnja, radovi i usluge radi podmirenja pojedinačnih, zajedničkih i opštih potreba snaga koje učestvuju u logističkoj operaciji (snage za izvođenje, snage za zaštitu i snage za logističku podršku), u domenu materijalno-tehničke, zdravstvene, infrastrukturne i finansijske podrške. Namenski cilj logističke podrške jeste: stvaranje efikasnih i efektivnih (vojnih) snaga koje učestvuju u logističkoj operaciji i njihova materijalno-tehnička, zdravstvena, infrastrukturna i finansijska podrška.

Logistička podrška uključuje sledeće grupe srodnih aktivnosti: proizvodnju, nabavku i prodaju, snabdevanje, održavanje, ishranu, odevanje, obezbeđenje energentima za zagrevanje prostorija, obezbeđenje električne energije, logističke uslužne delatnosti, zdravstvenu zaštitu, saobraćaj i transport, veterinarsku zaštitu, građevinarstvo, zaštitu od požara i finansiranje. Navedene logističke funkcije i zadaci realizuju se angažovanjem resursa vojske i resursa ostalih snaga odbrane, u pripremi i tokom sprovođenja logističkih operacija. Kvalitetna logistička podrška operaciji podrazumeva i poštovanje pri izvršavanju logističkih zadataka, mera zaštite na radu i zaštite životne sredine.

Organizacija i tehnologija pripreme i izvođenja logističke operacije, opšti uslovi pripreme i realizacije logističke operacije, prostorni i vremenski uslovi, opšte stanje u sistemu i okruženju (eksternom i internom), moguća dejstva protivnika, vrsta i obim angažovanih resursa i vrsta logističke operacije**,** opredeljuju i konkretne oblike, obim, mesto, vreme, način, angažovane resurse i intenzitet realizacije logističke podrške pripreme i izvođenja logističke operacije. Logistička podrška logističkim operacijama predstavlja samo jedan poseban – specifičan slučaj logističke podrške, primeren uslovima u kojima se realizuje operacija i angažovanim snagama i sredstvima.

Za realizaciju logističke podrške logističkoj operaciji može se koristiti postojeći logistički (organizaciono-ekonomski) sistem (sastavljen od resursa logističkih službi organizovanih na ustaljeni način), a može se stvoriti i novi sistem. Pri kreiranju sistema za logističku podršku logističkoj operaciji, i pri izvršavanju zadataka logističke podrške, neophodno je pridržavati se određenih zakona i principa – organizacionih i ekonomskih.

Organizacioni principi su pravila (norme) kojima se rukovodi tvorac organizacionog sistema pri njegovom konstituisanju, odnosno korisnik sistema pri njegovom funkcionisanju. Njihovu suštinu i sadržinu čine organizacione mere kojima se utiče na optimalno ponašanje.

Organizacioni principi kojih se treba pridržavati pri dostizanju organizacionih ciljeva podrazumevaju: principe cilja; principe konstitucije sistema (strukturalne i funkcionalne); principe funkcionisanja i principe organizacije rada (individualnog i kolektivnog).

Ekonomski principi predstavljaju pravila (norme) kojima se podvrgava ponašanje sistema koji realizuje logističku podršku operaciji, kako bi se što potpunije ostvarili ciljevi sistema. Osnovni ekonomski princip glasi: ostvariti maksimalne rezultate (izlaze iz sistema) uz minimalna ulaganja (ulaze u sistem). Stepen ostvarenja ovog principa u praksi se ispoljava kao kvantitativni izraz ostvarenog kvaliteta zadatka, odnosno kvantitativni izraz ostvarenog uspeha. Na delimičnim (parcijalnim) odnosima između izlaza iz sistema i ulaza u sistem takođe počivaju određeni principi, samo što su oni parcijalni: produktivnost, ekonomičnost i rentabilnost.

Uspešna logistička podrška operaciji mora biti efikasna i efektivna. Da se postigne uspešnost neophodno je balansiranje ova dva efekta radi obezbeđenja osnove za uspeh operacije. Dobro poznavanje ciljeva i karakteristika kvalitetne logističke podrške su osnova za određivanje principa na kojima će se graditi i funkcionisati sistem logističke podrške.

Karakteristike kojima se odlikuje efikasna i efektivna logistika su: prognoziranje, integracija, neprekidnost, blagovremeni odziv i improvizacija.

Prognoziranje zahteva je značajno, za postizanje inicijative i za sinhronizaciju aktivnosti tokom realizacije zadataka. Kurs događaja ne može se nikad pouzdano odrediti, ali se zahtevi moraju što tačnije prognozirati. Da bi se podrška realizovala u potrebnoj meri po mestu, vremenu i načinu, neophodno je da se prepoznaju potrebe, akumulira i održava materijal i raspolaže kvalitetnim informacijama.

Integracija podrazumeva potpunu usaglašenost plana logističke operacije i plana logističke podrške logističkoj operaciji radi njenog uspeha. Integracija u procesima planiranja obezbeđuje, timskim radom, podršku tokom izvođenja operacija. Mogućnost da se izvrše logistički zadaci zavisi, u velikoj meri, od kvalitetnih planova. Integracija uključuje i standardizaciju i kompatibilnost opreme svih učesnika, kao preduslov za uspeh operacije.

Neprekidnost zahteva stalno svrsishodno odvijanje logističkih aktivnosti potrebnim intenzitetom. Obezbeđuje se na više načina: izborom i obezbeđenjem više izvora popune i načina realizacije zadataka, elastičnom promenom prioriteta u vremenu, u skladu sa nastalom situacijom, isturanjem logističke podrške, redukcijom potrošnje i stalnim balansiranjem troškova i rizika.

Blagovremeni odziv podrazumeva spremnost sistema koji vrši logističku podršku da reaguje u pravo vreme i kada se aktivnosti ne odvijaju po predviđenoj dinamici. Promena prvobitno uspostavljene organizacije i organizovanje prema zadatku nekada su neophodni radi brzog reagovanja na narasle zahteve i osiguranje uspeha. Eksploatacija taktičkih i operativnih uspeha nekada zahteva privremeno narušavanje dugoročnih planova, promenu lokacije snaga – jedinica koje vrše logističku podršku, isturanje resursa za zdravstvenu podršku i slično.

Blagovremeni odziv je moguć ako su ispunjeni sledeći uslovi: izražen kvalitetan sistem za logističku podršku sa efi-

kasnom organizacijom, kvalitetno planiranje, dobra obučenost ljudstva i čvrsto komandovanje. Kada su logistički resursi ograničeni, a vreme za realizaciju zahteva kratko (što je čest slučaj), blagovremenost odziva sistema, u velikoj meri zavisi od pouzdanih tokova informacija.

Improvizacija se javlja kao potreba logističkog sistema da se prilagodi promenama stanja okruženja. Predstavlja sposobnost da se učini, postavi, aranžira ili proizvede ono što je potrebno pomoću onoga čime se raspolaže, odnosno onoga što je trenutno dostupno. Primenjuje se radi obezbeđenja neprekidnosti logističke podrške u situacijama kada to ne može da se postigne standardnim propisanim procedurama (zbog dejstva protivnika, destrukcije resursa, poremećaja u lancu snabdevanja, vremenskih nepogoda i sl.). Kvalitetna logistička improvizacija može obezbediti uspeh, a loša improvizacija dovesti do neuspeha operacije.

U skladu sa navedenim karakteristikama logistike na operativnom nivou, za kreiranje sistema logistike i propisivanje regulative treba da se ispoštuju sledeći principi: logistička obaveštenost; postavljanje cilja; plodonosna logistika; međuzavisnost; jednostavnost; blagovremeni odziv; zamah; efikasnost i sigurnost.

Osnovni kriterijumi valjanosti logističke podrške su: logistička efektivnost, ekonomičnost, racionalnost, rentabilnost, potpunost, pravovremenost i sigurnost.

Planiranje logističke podrške logističkoj operaciji

Planiranjem izvođenja logističke operacije i njene podrške potrebno je da se iznađu rešenja za najnepovoljnije uslove izvođenja operacije. Pri sagledavanju mogućih varijanti logističke podrške treba uvažavati kriterijume: ekonomičnosti, minimalnog rizika, minimalnog faktora, elastičnosti i fleksibilnosti. Pri donošenju odluke o izboru određene varijante rešenja, treba stalno imati na umu područje slobode izbora koje je određeno faktorima na koje se ne može uticati i kojima se mora prilagoditi, kao i faktorima na koje se može uticati.

Faze logističke operacije i planiranja logističke podrške operacije obuhvataju planiranje logističke podrške pripremama za logističku operaciju i planiranje logističke podrške izvođenju logističke operacije.

Pri planiranju logističke podrške logističkim operacijama uočavaju se tri grupe problema: problemi koji se mogu uspešno rešavati pomoću formalizovanih postupaka (algoritama); problemi koji se mogu na zadovoljavajući način rešavati korišćenjem savremenih tehnologija (softver, hardver, netver); problemi koji se mogu rešavati zahvaljujući ljudskom potencijalu, specifičnom znanju, emocijama, iskustvu, intuiciji i sposobnosti da se brzo identifikuju ključni činioci i pretraže moguće varijante u nestandardizovanim problemima.

Elementi koji se razmatraju pri planiranju logističke podrške su zadaci – aktivnosti (određivanje logičke međuzavisnosti aktivnosti i određivanje protoka izlaznih parametara prethodne aktivnosti u ulazne parametre kod narednih aktivnosti) koji se odnose na logističku podršku operacije i na upotrebu logističkih organa i jedinica, resursi (od interesa za logističku podršku operacije) i rokovi realizacije aktivnosti (početak, završetak, trajanje).

Resursi za logističku podršku operacije su ograničeni, pa je neophodno da se reši problem njihovog optimalnog raspoređivanja, i da se postavi informaciona osnova za njihovo obezbeđenje po količini, kvalitetu i rokovima. Suština optimalne raspodele ograničenih resursa, u funkciji vremena, na izvršenje bilo koje aktivnosti, projektuje se na određivanje vremena početka svake aktivnosti, koje pri zadatim ograničenim resursima obezbeđuje izvršenje zadatka u najkraćem roku, pri čemu se u obzir uzima tehnološka zavisnost aktivnosti. Optimalno rešenje angažovanja resursa uslovljeno je usvojenim kriterijumom optimizacije i prisutnim ograničenjima (ograničavajućim uslovima), a može se vršiti uz uvažavanje sledećih kriterijuma: da se za čvrsto zadati rok, uz poznati obim i vrstu zadataka, iznađe optimalni plan angažovanja resursa (uključujući i snage za komandovanje, snage za realizaciju i snage za zaštitu operacije); da se za čvrsto zadate resurse, poznati obim i vrstu zadataka iznađe minimalno trajanje izvršenja zadatka; da se za poznate raspoložive resurse u zadatom intervalu iznađe vrsta i obim zadataka koje je moguće realizovati uz postizanje maksimalnih efekata (ekonomskih i drugih).

Dimenzije planiranja logističke podrške logističkoj operaciji jesu: prostorna, vremenska i organizaciono-tehnološka. Prostorna dimenzija podrazumeva odvijanje određenih aktivnosti iz domena logističke podrške na određenom prostoru koji je određen mestom lociranja resursa koji su predmet logističke operacije, i rasporedom snaga koje vrše logističku podršku. Prostornu dimenziju je, pri izradi planskih rešenja, najbolje predstaviti na topografskoj karti na koju su uneti razmeštaj bitnih elemenata i važni podaci, skice i šeme. Vremenska dimenzija planiranja ukazuje na to da svaka aktivnost ima određeno trajanje i da se mora odvijati u određenom vremenu, u odnosu na određene vremenske repere i ograničene materijalne i ljudske resurse. Ova dimenzija planiranja najbolje se izražava linijskim dijagramima aktivnosti – gantogramima aktivnosti. Organizaciono-tehnološka dimenzija podrazumeva odvijanje aktivnosti na način i u vremenu određenom njenim logičnim mestom u okviru zadatka, odnosno cele operacije. Predstavlja se mrežnim planom, podržanim linijskim dijagramima i određenim slobodnim formama deskripcije (opisno). Terminski mrežni plan, kao instrumentarij za određivanje tehnologije izvođenja logističke podrške operacije, treba da pruža informacije o: zadacima i njihovim nosiocima; termininiranju zadataka; raspodeli resursa po zadacima i ulazno-izlaznim parametrima aktivnosti (tamo gde je to potrebno).

Pri planiranju logističke podrške moraju se uzeti u obzir sledeća ograničenja: odluka rukovodstva (komandanta) za operaciju; izraženi zahtevi angažovanih subjekata i snaga; orijentaciono odobrena materijalna sredstva – resursi stavljeni na raspolaganje (po vrstama, strukturi, mestu i vremenu) za izvršenje zadatka; orijentaciono odobren kadar – stavljen na raspolaganje; obim i struktura resursa koje dodeljuje pretpostavljena komanda; obim i struktura resursa (svih vrsta) teritorije, po logističkim funkcijama, stavljenih na raspolaganje; cena odluke za izvođenje operacije na predviđeni način (procenjeni – očekujući gubici žive sile (po strukturi), procenjeni – očekujući gubici i oštećenja materijalnih sredstava (po vr-

stama, strukturi, mestu i vremenu nastajanja); stanje po logističkoj podršci i stvarne (praktične – prave) logističke mogućnosti sastava koji realizuje logističku operaciju; tehnologija izvođenja operacije i logističke podrške i normativa koja reguliše efikasno i kvalitetno planiranje i rad komande (tima).

Planiranje logističke podrške logističkoj operaciji je kreativan stvaralački proces koji, s obzirom na suštinu, obuhvata misaono-stvaralačke aktivnosti i aktivnosti tehničkog karaktera.

Planiranje logističke podrške logističkoj operaciji obuhvata:

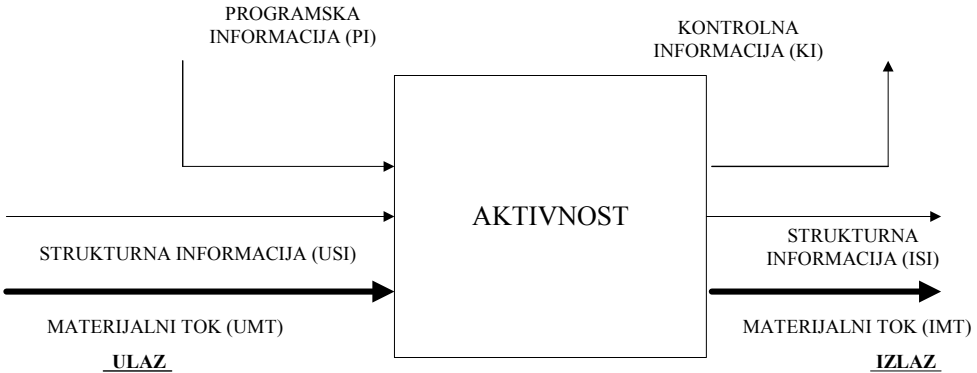
1. Definisanje scenarija u kojem bi se operacija izvodila.
2. Planiranje preventivnih mera za osiguranje sprovođenja logističke podrške, umanjenje i otklanjanje negativnih posledica okruženja i elemenata situacije.
3. Planiranje zadataka (proizvodnja, radovi i usluge) logističke podrške (vrsta, obim, način realizacije, trajanje).
4. Planiranje potrebnih kadrova za sprovođenje logističke podrške.
5. Planiranje potrebne opreme, materijala i sitnog inventara za izvršenje zadataka (uključujući i opremu za rad, opremu za zaštitu ljudstva od padavina, niske i visoke temperature i opremu za zaštitu na radu).
6. Predviđanje mogućih uslova za izvršenje zadataka, relevantnih faktora i elemenata situacije.
7. Planiranje upravljanja logističkom podrškom.
8. Planiranje priprema za sprovođenje planova i rešenja logističke podrške.
9. Planiranje ažuriranja i korekcija planova i sadržaja koji regulišu logističku podršku operacije.

Čitav sistem planiranja logističke podrške logističkim operacijama zasniva se na sledećem redosledu: ciljevi rukovodstva (komandanta); predloženi plan upotrebe snaga zasnovan na definisanom scenariju izvođenja operacije, proceni protivnika i vlastitih mogućnosti; utvrđivanje opštih logističkih zahteva i koji su od njih odlučujući ili kritični; utvrđivanje obima i kvaliteta kritičnih snaga (VES-ova) i kritičnih materijalnih sredstava (transportna i manipulativna oprema, pogonska sredstva, UBS, energetska sredstva, itd.) i logističkih mogućnosti; sagledavanje posledica nedovoljnih količina materijalnih sredstava i nedovoljnih kapaciteta, za realizaciju logističkih zadataka, po osmišljenim varijantama dejstva; utvrđivanje poslova u logističkom i operativnom pogledu, da bi se ublažila oskudica ili prevazišle teškoće.

Upravljanje logističkom podrškom logističkoj operaciji

Upravljanje logističkom podrškom logističkoj operaciji predstavlja usmeravanje i koordinaciju ljudskih i materijalnih resursa, kako bi se podrška realizovala u planiranom vremenu, u planiranom obimu, sa planiranim troškovima i bila planiranog kvaliteta. Njime se obezbeđuje jedinstveno postupanje i homogena akcija. Da bi se aktivnosti organizacionih procesa odvijale po zahtevanoj tehnologiji, i da bi se njima upravljalo, moraju se, u procesu planiranja, sagledati i osigurati svi potrebni ulazni i izlazni parametri organizacionih aktivnosti, što je prikazano na slici.

Problemi većine organizacionih sistema, u praksi, ne proizilaze iz organi-



Ulazno-izlazni parametri aktivnosti

zacione, već iz procesne strukture, zbog nepovezanih aktivnosti procesa ili procesa međusobno. Tehnologija sprovođenja organizacionih procesa ne zasniva se samo na određivanju logičke međuzavisnosti aktivnosti, već i na određivanju protoka izlaznih parametara prethodne aktivnosti u ulazne parametre narednih aktivnosti. Da bi izvršioci mogli realizovati aktivnosti, neophodno je da imaju sve programske informacije, ulazne strukturne informacije i osiguran ulazni materijalni tok. Takođe, neophodno je da znaju kome treba da dostavljaju izlazne strukturne informacije, izlazne materijalne tokove i izveštaje.

Aktivnosti izvode pojedinci, grupe, tehnološke celine i ekipe koje su organizaciono, preko svojih rukovodstava, uvezani u određene organizacione celine i jedinice. Da bi svaka organizaciona celina ili pojedinac – izvršilac mogao da realizuje određene aktivnosti, neophodni su mu podaci i informacije. Takođe, i rukovodstvu koje upravlja kompletnim organizacionim procesom neophodne su određene informacije. Potrebne informacije obezbeđuju se kroz horizontalno i vertikalno informisanje.

Da bi se uspešno upravljalo sprovođenjem logističke podrške operaciji, neophodno je, na osnovu programa (organizacije i tehnologije) izvođenja, obezbediti sve potrebne informacije o planskim aktivnostima (programske informacije), kako bi se moglo narediti – aktivirati njihovo sprovođenje, i obezbediti da se pri kontroli sprovođenja aktivnosti dobiju projektovani izlazni parametri i rezultati aktivnosti koji se mogu upoređivati sa ulaznim parametrima. Uspešno odvijanje logističke podrške operacije zahteva obezbeđenje prenosa svih parametara i rezultata prethodnih aktivnosti u sledeće aktivnosti.

Ako u toku realizacije dođe do kasnijeg ili ranijeg završetka aktivnosti, neophodno je doneti odluku o daljem toku odvijanja aktivnosti i promeni koja se mora provesti (na primer, skraćenje aktivnosti na kritičnom putu ili raniji početak neke aktivnosti), odnosno promeniti programske informacije aktivnosti, a zatim sprovesti vertikalnu i horizontalnu informisanost.

Zaključak

Logističke operacije postale su realnost i sve više dobijaju na značaju u teoriji i operativnoj praksi. Pristup njihovom razmatranju se modernizuje, uz primenu sistemskog i situacionog pristupa i savremenih tehnologija, a vrlo je važna i cena donete odluke po svim elementima i funkcijama (optimizacija utroška resursa). Pri tome se subjekti i objekti logističke operacije posmatraju kroz čitav životni ciklus.

Danas logističke operacije studiozno izučavaju i operativci i logističari, pri čemu je polazište da se mora obezbediti efikasna i efektivna logistička podrška njihovom izvođenju. Ključ za njihov uspeh jesu: veći udeo logističkog kadra u planiranju i upravljanju logističkom operacijom, pravovremeno donošenje odluke o početku izvođenja; kvalitetne pripreme sa naglašenim planiranjem; kvalitetno upravljanje u fazi realizacije i kvalitetna logistička podrška pripremi i sprovođenju logističke operacije.

Logistički pristup logističkim operacijama i njihovoj podršci zahteva da se i sistem koji se logistički podržava aktivno odnosi prema vlastitoj logističkoj podršci, prilagođava njenoj strukturi, organizaciji i tehnologiji rada, resursima i mogućnostima. Sistem koji izvodi logističku operaciju biće kvalitetno podržan ako se pridržava organizacije i tehnologije logističke operacije i logističke podrške, logističkih ograničenja, kriterijuma, principa i odlika dobre logistike.

Poznavanje uslova izvođenja, organizacije i tehnologije izvođenja logističkih operacija, sistema logističke podrške vojske uopšte, funkcija i zadataka, nadležnosti, elemenata, principa, resursa i mogućnosti, organizacije i tehnologije logističke podrške, i načina funkcionisanja (u miru, mobilizaciji i ratu), polazna je osnova za uspešnu podršku logističke operacije. Naime, logistička podrška logističkim operacijama predstavlja samo jedan poseban – specifičan slučaj logističke podrške, primeren uslovima u kojima se realizuje operacija i angažovanim snagama i sredstvima.

Opšti uslovi pripreme i realizacije logističke operacije, prostorni i vremenski uslovi, opšte stanje u sistemu i okruženju (eksternom i internom), moguća dejstva protivnika, vrsta i obim angažovanih resursa i vrsta logističke operacije, opredeljuju i konkretne oblike, obim, mesto, vreme, način, angažovane resurse i intenzitet realizacije logističke podrške pripremi i izvođenju logističke operacije.

Opšti je trend u svetu da se proširuje spektar aktivnosti (puni spektar) koji uključuje logističku podršku, a odnosi se na podršku čoveka kao individue i organizacionog sistema kao celine. Od logističkog sistema zahteva se da obezbedi ono što je potrebno i podrži kada treba, tamo gde treba, u potrebnom obimu i na zahtevani način. Sve to zahteva izvesnu autonomiju (upravljačku i finansijsku) u razvoju i upotrebi sistema logističke podrške.

Literatura:

[1] Andrejić, M.; Maksić, R.; Nikolić, N.: Taktika TSl, recenziran udžbenik, GŠ VSCG UŠiO, Beograd, 2004 (štampanje udžbenika u toku).

[2] Iskustva jedinica službi Vojske Jugoslavije nivoa bataljona u borbenim dejstvima tokom suprotstavljanja agresiji NATO na SRJ (projekat), IRV SŠONID VJ, Beograd, 1999.

[3] Primena logističkog principa u organizovanju vojske (projekat), SLGŠ VJ, Beograd, 2000.

Profesor dr Momčilo Miljuš,
dipl. inž.
docent dr Milorad Vidović,
dipl. inž.
Saobraćajni fakultet,
Beograd

TEHNOLOŠKO PROJEKTOVANJE PRETOVARNO-SKLADIŠNIH PROCESA

UDC: 355.415.2/.3 : 656.073.23

Rezime:

Tehnološko projektovanje logističkih sistema karakteriše veoma visok stepen kompleksnosti, a od njegovog kvaliteta u znatnoj meri zavisi i efikasnost i ekonomičnost realizacije logističkih procesa u praksi. Pretovarno-skladišne procese (PSP) u okviru odgovarajućih logističkih podsistema, a posebno u okviru realizacije tokova materijala, karakteriše niz specifičnosti koje u znatnoj meri usložavaju tipične PSP. Da bi se ostvarili preduslovi za adekvatno realizovanje PSP, u ovom radu je dat pregled metodologije tehnološkog projektovanja ovih sistema.

Ključne reči: tehnološko projektovanje, pretovar, skladištenje.

TECHNOLOGICAL DESIGN OF LOADING/UNLOADING AND WAREHOUSING PROCESSES

Summary:

Design of technological processes is one of the most complex tasks in the field of design in general. This type of design is also involved in logistic system design as these systems are typically very complex so that quality of design solution has a great influence on efficiency and economical level of logistic processes efficiency in practice. Loading/unloading and warehousing processes (LUWP) within some logistics systems, especially in material flows, require specific efforts which complicate typical LUWP. Aiming to consider adequate realisation of LUWP, this paper shows the methodology of design of these systems.

Key words: technological design, loading/unloading, warehousing.

Uvod

Transport roba danas dobija sve značajnije mesto u okviru zadataka koji se postavljaju pred društvenu reprodukciju uopšte. Međutim, realizacija zadataka u oblasti transporta vremenom postaje sve složenija, jer se, pored zahteva za sve većim stepenom racionalizacije transportnih lanaca, jednovremeno intenziviraju i generišu sve složeniji zahtevi u domenu bezbednosti, ekologije i nekim drugim oblastima značajnim za procese u društvu.

Zbog ovakvih uslova, problematici realizacije tokova materijala, treba, s obzirom na izuzetnu kompleksnost faktora koja utiče na njihovu efektivnost, pristupiti na odgovarajući način, odnosno na osnovu logističkih principa. Ovi principi nameću, pre svega, sistemski pristup još u fazi projektovanja navedenih procesa, kako bi se još na tom nivou ostvarili preduslovi za realizaciju svih aktivnosti u okviru transportnih lanaca na željenom nivou, uz respektovanje, kako je naglašeno, sve složenijih zahteva (i ograničenja) po nizu kriterijuma. Kako u okviru tran-

sportnih lanaca pretovarno-skladišni procesi (PSP) imaju posebno mesto, u ovom radu ukazano je na metodologiju tehnološkog projektovanja sistema za njihovu realizaciju.

U literaturi je ovoj oblasti, zbog njenog značaja, još pre nekoliko decenija počela da se posvećuje sve veća pažnja. Tako, na primer, sve više se naglašava povećanje interesa, kako o projektovanju sistema za rukovanje materijalima, tako i za njihovo funkcionisanje [1]. Hijerarhijski, projektovanje je obuhvaćeno strateškim, a funkcionisanje taktičkim aspektom, pri čemu se naglašava da je zbog spektra zadataka i kompleksnosti procesa veoma teška sama formulacija problema i optimizacije u procesu tehnološkog projektovanja. U praksi su se iznalazila rešenja različitog kvaliteta, primenom iskustvenih metoda (tzv. „rule-of-thumb“ i heuristika). Ratliff i Nulty [2], takođe, ukazuju na kompleksnost tehnološkog projektovanja koje nameće respektovanje niza relevantnih aspekata sistema i okruženja pri projektovanju i donošenju odluka. To se potvrđuje i u [3], što ukazuje na to da se i pri samom skladištenju sreće veoma složena problematika vezana za njegovo projektovanje (sa težištem na intenzitetu protoka roba kroz skladište, kapacitetu skladišta i obliku samog skladišnog objekta) kao polaznim faktorima. Jedan od pristupa u domenu problematike rukovanja materijalima, sa sekvencijalno datim aktivnostima (bez njihove međuzavisnosti), prikazan je u [4].

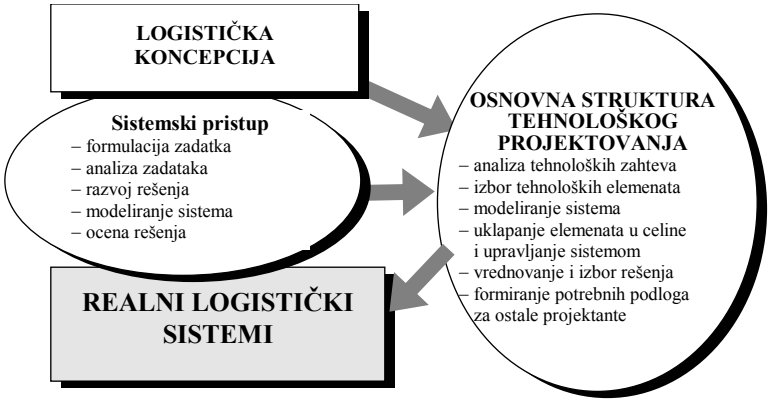
Može se konstatovati da korektan pristup ovom projektovanju zahteva primenu načela sistemskog pristupa i tehnika agregacije i disagregacije u procesu razvoja rešenja (slika 1). Shodno tome, ovaj rad je obuhvatio prikaz karakterističnih faza prisutnih u tehnološkom projektovanju, i to:

– analizu mesta i uloge PSP;

– definisanje zadataka koji se postavljaju pred pretovarno-skladišni sistem (PSS);

– razvoj varijanti strukture PSS i tehnologija realizacije PSP;

– izbor optimalnog iz skupa varijantnih tehnoloških rešenja.



Sl. 1 – Pristup projektovanju

Mesto i uloga pretovarno--skladišnih procesa

Veza između transporta, privrede i drugih delatnosti u kojima se realizuju tokovi materijala (slika 2) fundamentalna je. Transport, kroz ispunjavanje različitih zadataka, obezbeđuje integraciju privrede, pri čemu njegovi troškovi u znatnoj meri utiču na vrednost robe i efektivnost procesa reprodukcije. Pri tome, ne može se zanemariti učešće transportne privrede u društvenom proizvodu, kao i angažovanju resursa. Nadalje, povećanje standarda i zadovoljenje ostalih društvenih ciljeva uslovljava ostvarenje adekvatne podele rada između pojedinih vidova transporta, pri čemu taj zadatak, pored niza kvantitativnih, sadrži i niz kvalitativnih karakteristika.

Sl. 2 – Osnovni odnos procesa reprodukcije, robnih tokova i PSP

Razvoj transportnih tehnologija, a time i PSP kao njihovih činilaca, usmeren je ka snižavanju troškova transporta, po mogućnosti kod svih učesnika u transportnom lancu, ali i sa stanovišta celokupne privrede i šire. Da bi se to ostvarilo, kao prioritetni ciljevi mogu da se izdvoje: odgovarajuća distribucija roba (pre svega sa vremenskog aspekta dostave), smanjenje potrošnje vitalnih sirovina i resursa, postizanje zahtevanog nivoa zaštite ljudi, materijalnih dobara i životnog okruženja, povećanje materijalnih bogatstava, poboljšanje saobraćajnih uslova i dr. (slika 2). Pri tome, PSP ne pripada strogo ni jednom od klasičnih vidova transporta – oni mogu biti sadržani unutar pojedinih vidova ili, što je tipično, na mestima povezivanja različitih vidova transporta. Takođe, u znatnoj meri prisutni su, odnosno sadržani, i u oblasti industrijskog transporta u okviru proizvodnih sistema.

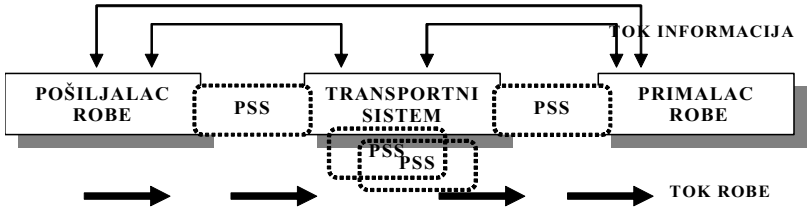
Imajući to u vidu, PSP u okviru društvene reprodukcije imaju ulogu da u okviru transportnih lanaca omoguće realizaciju nekoliko osnovnih funkcija:

– *prostorno izjednačavanje*, kada se transportnim lancima spajaju prostorno razdvojena mesta proizvodnje i potrošnje. Tada, ukoliko se realizuje skladištenje, dolazi do privremenog prekida transportnog procesa;

– *vremensko i kvantitativno izjednačavanje,* kada se javlja vremenska i kvantitativna neusaglašenost u procesu kretanja robe. Može biti posledica vremenski nesinhronizovanih intenziteta proizvodnje i potrošnje, kretanja i tehnoeksploatacionih parametara transportnih sredstava u transportnim lancima i dr.;

– *izjednačavanje asortimana,* kao zahtev koji nastaje usled neusaglašenosti formiranja asortimana po mestu ili vremenu nastanka u okviru proizvodnog sistema u odnosu na zahteve potrošnje (bilo u okviru proizvodnih podsistema ili tržišta).

Uprošćeno predstavljeno, makrostruktura transportnog lanca u sferi kretanja roba može se predstaviti kao na slici 3. Na svim mestima sučeljavanja različitih sistema koje povezuje transportni lanac, pojavljuje se i PSS.



Sl. 3 – Makrostruktura transportnog lanca u sferi kretanja robe

Definisanje zadataka pretovarno-skladišnog sistema

Sagledavanjem mesta i uloge PSS uočava se da on u okviru transportnih lanaca ima značajan uticaj na kvalitet funkcionisanja. Drugim rečima, zadaci koji se generišu postavljanjem ciljeva šireg okruženja generišu funkcionisanje PSS, koji na odgovarajući način postaje „aktivan“ i teži da realizuje postavljene zadatke, odnosno da deluje na okruženje. Imajući to u vidu, osnovna karakteristika PPS je da u okviru njega egzistiraju tehnološki zahtevi, i da se realizuju postavljeni tehnološki zahtevi angažovanjem odgovarajućih resursa i organizacijom.

Tehnološki zahtevi koje obuhvata zadatak PSS prevashodno zavise od uloge, odnosno sistema koje povezuje u transportnom lancu [5]. Ne ulazeći u niz mogućih kombinacija, u praksi se obično sreću sledeći osnovni tehnološki zahtevi u PSP:

– istovar transportnog sredstva (ili izlaz iz procesa proizvodnje),

– transport od mesta istovara do mesta skladištenja (odlaganja),

– uskladištenje robe,

– čuvanje robe,

– iskladištenje (zahvatanje),

– transport do mesta utovara,

– utovar u transportno sredstvo (ili ulaz u dalji proces proizvodnje).

Pored ovih osnovnih zahteva, PSP često obuhvataju i niz drugih zahteva (sortiranje, kondicioniranje, komisioniranje, prepakivanje i dr.). Ne treba posebno ukazivati na to da zbog jake veze skupa tehnoloških zahteva i PSS koji treba da ih realizuje, efikasnost realizacije PSP izuzetno zavisi od nivoa usaglašenosti pretovarnog zadatka (skupa tehnoloških zahteva) i PSP, sa jedne, i od karakteristika sistema na višem hijerarhijskom nivou (transportnih lanaca) koje PSS opslužuje, sa druge strane.

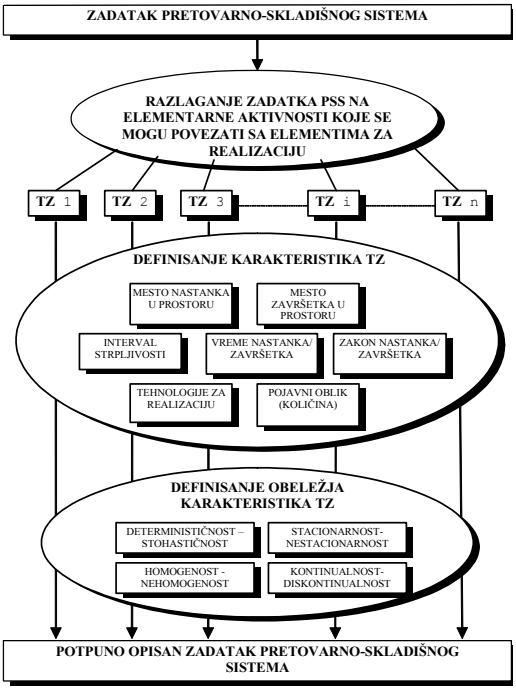
Da bi se omogućilo kvalitetno tehnološko projektovanje, u konkretnom problemu značajno je da se tehnološki zahtevi (TZ) na adekvatan način identifikuju i opišu. Identifikacija je vezana sa raščlanjivanjem osnovnog zadatka do nivoa koji obezbeđuje sagledavanje relevantnih veza između njih i elemenata koji ih realizuju. Pri tome se ukazuje da je ovako definisan TZ po pravilu višedimenzionalan, i da je opisivanje njegovih relevantnih parametara složeno. U takvoj situaciji, potrebno je da se TZ korektno prikažu kroz sagledavanje značajnih karakteristika i njihovo opisivanje. Kako one u znatnoj meri mogu da odstupaju i od jednog do drugog TZ i između konkretnih PSP, tome treba posvetiti poseb-

nu pažnju. U praksi su, najčešće, za opisivanje u okviru PSP najznačajnije sledeće karakteristike TZ: pojavni oblik (količina), mesto nastanka – završetka u prostoru, vreme (zakon nastanka) i realizacije (za poznate tehnologije), interval strpljivosti i dr. Međutim, ove karakteristike se u praksi mogu bitno razlikovati i kod istih TZ, pa je radi bližeg opisivanja neophodno utvrditi i obeležja karakteristika TZ. U PSP se kao potencijalna obeležja karakteristika TZ pojavljuju:

– determinističnosti ili stohastičnosti,
– stacionarnosti ili nestacionarnosti,
– homogenosti ili nehomogenosti,
– kontinualnosti ili diskontinualnosti.

Treba naglasiti da karakteristike TZ mogu da imaju različite kombinacije navedenih obeležja. Ovaj spektar može biti od (uslovno povoljne) kombinacije obeležja determinističnosti, stacionarnosti, homogenosti i kontinualnosti, pa do (po pravilu nepovoljne) kombinacije stohastičnosti, nestacionarnosti, nehomogenosti i diskontinualnosti. Svaka od kombinacija ima specifičan uticaj na pojedine korake u daljim fazama projektovanja, tako da je istraživanje mogućnosti uticaja na karakteristike TZ i njihova obeležja (i efekata tih uticaja na PSP) od posebnog značaja.

Ako se obeležja identifikovanih relevantnih karakteristika TZ odlično poznaju može se smatrati da je zadatak PSS moguće opisati na kvalitetan način (slika 4). Drugim rečima, tek na osnovu raspolaganja tim informacijama moguće je kvalifikovano pristupiti daljem tehnološkom projektovanju PSP. To posebno dobija na značaju u okviru PSP, vezanim za snabdevanje vojnih jedinica, jer nepoznavanje ili nerespektovanje posebnih



Sl. 4 – Opisivanje PS zadatka

specifičnosti TZ, njihovih karakteristika i obeležja (strukture i osobina robe, uslova realizacije procesa u ratu ili miru, strategije zaliha i njihovog lociranja, tehnoeksploatacionih parametara tehnoloških elemenata itd.) može u bitnoj meri da degradira servis-stepen, ili čak onemogući realizaciju logističkih funkcija sa svim posledicama koje iz takvog stanja mogu da proisteknu.

Razvoj varijanti strukture pretovarno-skladišnih sistema i tehnologije realizacije pretovarno-skladišnih procesa

Nakon definisanja mesta i uloge i definisanja zadataka koji se postavljaju pred PSS, pristupa se razvoju varijantnih tehnoloških rešenja PSP. Ovaj razvoj

pretpostavlja nekoliko koraka: definisanje tipičnih tehnologija, razvoj varijantnih tehnoloških koncepcija i tehnoloških rešenja.

Tipične – atipične tehnologije

U procesu tehnološkog projektovanja neophodno je ukazati i na značaj međusobne veze TZ – tehnološki element (TE) koji taj zahtev izvršava. Moguće polje stanja ovog odnosa je takvo da korišćenje jednog TE može da utiče na primenu strogo određenog TE (ili grupe TE) za realizaciju nekog drugog TZ. Takođe, moguće su uzročno-posledične veze između pojedinih TZ, tako da se u polju stanja teži grupisanju TZ u skupove koji su homogeni sa aspekta realizacije. Ovakvom skupu, odnosno grupi TZ (TG), koji čini jednu tehnološku celinu u okviru PSS može se „dodeliti" jedinstveni način izvršavanja, koji se, zavisno od primenjenosti u praksi, naziva tipična ili atipična tehnologija (TT/AT). Razvoj nauke i tehnike omogućio je da se grupe TZ mogu izvršavati na različite načine, tako da se svakoj grupi može dodeliti i različiti skup TT/AT.

Radi daljeg projektovanja neophodno je da se TT/AT potpuno definišu, što se postiže ako su utvrđeni:

– struktura TZ u okviru PSP sa svojim relevantnim karakteristikama i obeležjima,

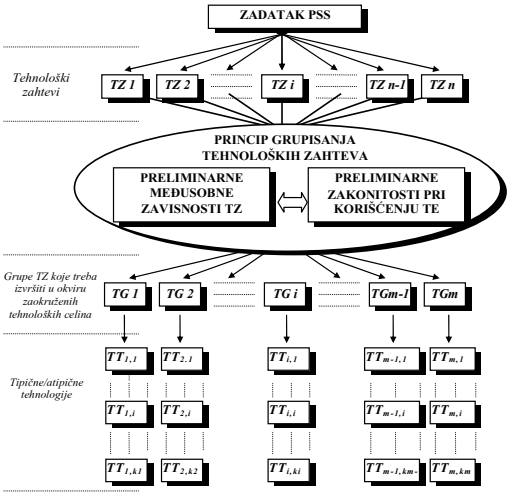
– struktura primenjenih TE i njihovom vezom sa TZ,

– rešenja mikrolokacije koja su povezana sa realizacijom procesa u okviru TT/AT,

– postupci operativnog upravljanja pri realizaciji TZ.

Struktura TE i njihova veza sa TE treba tačno da definiše koji(e) TZ realizuje(u) TE, što pretpostavlja poznavanje preciznih tehno-eksploatacionih karakteristika TE. Zbog mogućih različitih kombinacija, za sagledavanje odnosa TZ/TE u okviru TT može se primeniti matrica odnosa TZ/TE. Kako je veoma širok spektar TZ koji se sreću u praksi, kod PSP na tržištu je prisutna izuzetno velika ponuda opreme, sa različitim nivoima kompleksnosti, proizvodnosti, fleksibilnosti i dr., sa ciljem da se njima realizuju TG. To ukazuje da se TG mogu realizovati na više načina, što je principijelno predstavljeno na slici 5.

Rešenja mikrolokacije u okviru TT obično su vezana za rešavanje problema layouta, tako da je neophodno da se utvrde svi neophodni zahtevi za prostorom predviđenih TE, kao i sam razmeštaj TE u prostoru. Ovaj korak je neophodno realizovati u okviru TT/AT, kako bi se znao ambijent realizacije PSP, trajektorije tokova materijala, mobilne opreme, angažovani prostor i dr., što je od posebnog



Sl. 5 – Principi uobličavanja TT

značaja za dalje projektovanje i primenu odgovarajućeg tehnološkog rešenja.

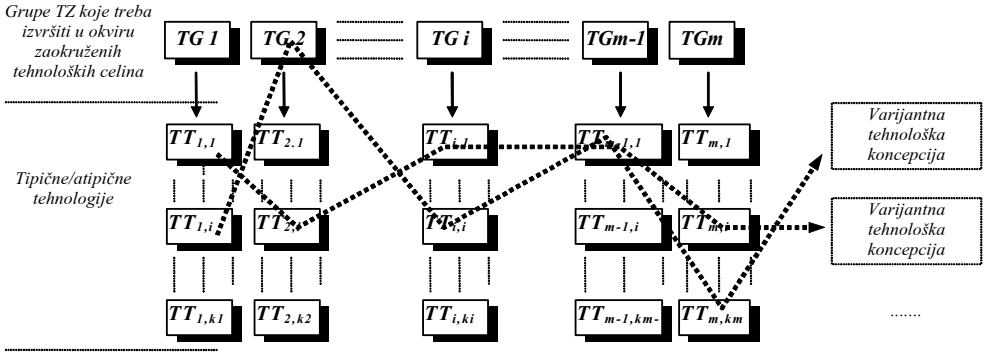
Upravljanje u okviru TT/AT ima poseban značaj, jer se njime, u okviru TT/AT (primenjenih za PSP), utvrđuju skupovi i redosledi aktivnosti (u prostoru raspoređenih) TE pri realizaciji sa njima povezanih TZ. Nivo kvaliteta upravljanja direktno utiče na ostvarivanje tehno-eksploatacionih karakteristika TE, a time i na nivo kvaliteta funkcionisanja celog PSS.

Razvoj tehnoloških koncepcija

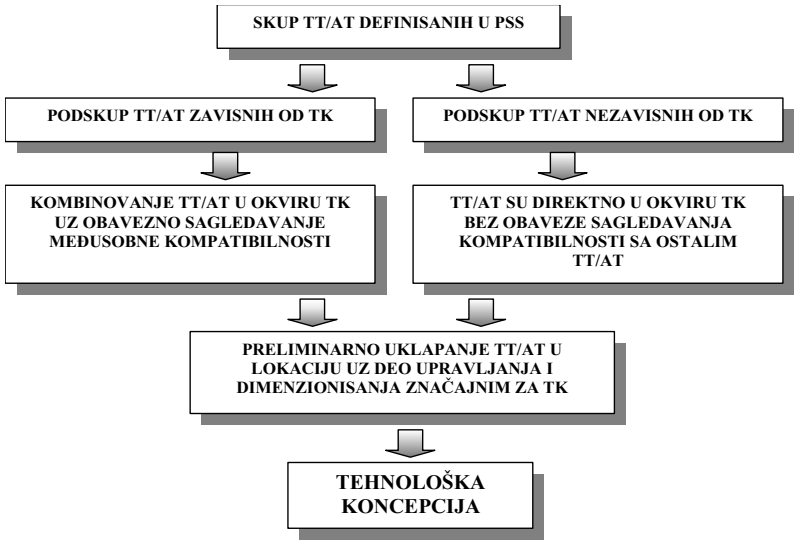
U prethodnom koraku se formira skup varijantnih TT/AT za tehnološku celinu (odnosno TG). Ne treba naglašavati da same TT/AT za sebe ne predstavljaju tehnološko rešenje koje se ad hok može primeniti u PSS. Radi toga je neophodno formirati skup TT/AT kojima su obuhvaćeni svi TZ, a koji može biti primenjen na ceo PSS (slika 6). Jedan takav tehnološki usklađen skup TT/AT je varijantna tehnološka koncepcija (TK).

Kao što se može zaključiti, pri angažovanju više TT/AT pri realizaciji tokova materijala u PSS one međusobno treba da budu kompatibilne. Na primer, tehnologija primenjena na frontu pretovara mora biti usaglašena sa tehnologijom uskladištenja – iskladištenja ukoliko su one u direktnoj vezi. Spektar situacija u praksi je takav da se sreću rešenja gde se sredstva za istovar – utovar koriste i za uskladištenje – iskladištenje robe. Nasuprot tome, sreću se situacije da pojedine TT/AT mogu biti potpuno nezavisne od drugih, pa se pri razvoju rešenja u okviru njih ne mora u istoj meri voditi računa o rešenjima u ostalim delovima PSS (na primer, neka od faza međupogonskog transporta u proizvodnom procesu). Iz ovih razloga TT/AT u okviru jedne TG mogu da budu zavisne i nezavisne od tehnološke koncepcije. U ovakvim uslovima jedna varijantna TK predstavlja skup koji se sastoji od dva podskupa – podskupa TT/AT koje zavise od TK i podskupa TT/AT koje ne zavise od TK.

Neophodno je naglasiti da izbor i grupisanje TT/AT koji čine jednu TK nije dovoljno za njeno potpuno opisivanje već je neophodno definisati rešenja vezana za oblast upravljanja i korišćenja prostora, ali za sve TT/AT u okviru TK. Ne



Sl. 6 – Grafički prikaz formiranja varijantnih TK



Sl. 7 – Redosled aktivnosti pri formiranju tehnološke koncepcije

treba posebno naglašavati da je potrebno sve TK predviđene TT/AT preliminarno locirati na raspoloživom prostoru. U tom koraku projektovanja nije retka situacija da ograničenja lokacije isključe neku TK iz skupa varijantnih TK. Nadalje, preliminarno prostorno raspoređivanje omogućava definisanje nekih karakteristika TZ, pre svega mesta nastanka – završetka realizacije TZ.

Radi ostvarivanja zadatka PSS sve TT/AT, u okviru jedne TK, moraju da funkcionišu u zajedničkom PSS. Zbog toga je neophodno formiranje zajedničkog rešenja upravljanja PSP koji tačno definišu odnose TZ/TE. Kako upravljanje nije nezavisno od strukture TE, neophodno je obaviti i njihovo preliminarno dimenzionisanje u okviru varijantne TK (uz respektovanje relevantnih faktora, kao što su prioriteti, uslovi realizacije TZ i dr.).

Redosled prethodno opisanih koraka grafički je predstavljen na slici 7.

Tehnološko rešenje

Tehnološka rešenja (TR), pojednostavljeno rečeno, nastaju daljom nadgradnjom TK. Shodno izloženome, za skup varijantnih TK, koje su realno ostvarljive, moguće je razviti skup varijantnih TR. „Prerastanje“ TK u TR ostvaruje se kroz niz aktivnosti, po pravilu na veoma detaljnom nivou, u oblasti modeliranja sistema, kvantifikovanja TE, njihovog uklapanja u lokaciju (na makro i mikronivou, povezivanja sa javnim saobraćajem i sl.), detalje vezane za procese upravljanja (eventualno uz izbor konkretnog softvera i hardvera).

Posebno je značajno da se u okviru razvoja varijantnog TR formiraju podloge, odnosno zahtevi za ostale projektante, čime se u potpunosti koncipira PSS. Ove podloge su potrebne za oblasti projektovanja visokogradnje, niskogradnje, urbanizma, raznih instalacija, fluida, in-

formacionih sistema, protivpožarne zaštite, zaštite na radu i fizičko-tehničkog obezbeđenja.

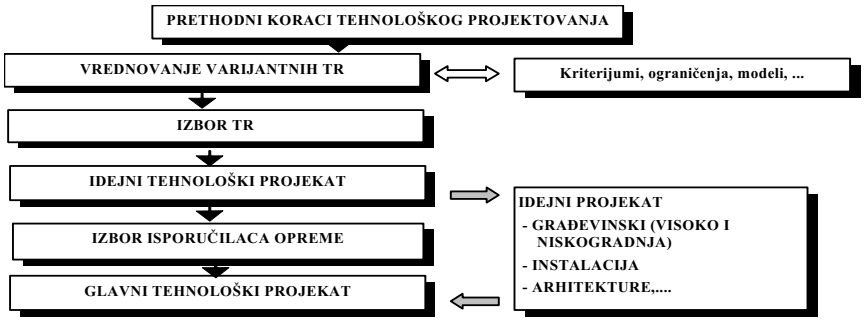
Izbor tehnološkog rešenja

Iz skupa varijantnih rešenja potrebno je izabrati najbolje, što zahteva donošenje odluke o najpovoljnijem tehnološkom rešenju. To nije jednostavno uraditi. U ovoj fazi, kada su formirana varijantna TR (sa usaglašenim kvalitetom realizacije PSP), potrebno je primeniti metodologiju za njihovo vrednovanje, pri čemu treba jednovremeno da se respektuju postavljeni ciljevi, ograničenja i kriterijumi koji u okviru modela treba da se primene. Ne ulazeći u moguće pristupe i modele vrednovanja, može se reći da ne postoji egzaktno pravilo koji postupak treba da bude primenjen u konkretnom slučaju. Jer, u nekim slučajevima su dominantna investiciona ograničenja, nekada servis-stepen realizacije PSP, bezbednost, uticaj na okruženje i dr., kao i potencijalne kombinacije ovih kriterijuma.

Po izboru optimalnog tehnološkog rešenja PSP ono predstavlja deo projektne dokumentacije koja se koristi za sve dalje faze rada, od projektnog zadatka, idejnog projekta do glavnih tehnoloških projekata (slika 8).

Zaključak

U radu je na sažet način predstavljena veoma kompleksna oblast tehnološkog projektovanja jedne klase logističkih procesa (pretovarno-skladišnih procesa). Ukazano je na tipične korake ovog projektovanja, kao i specifičnosti koje posebno moraju dodatno da se analiziraju i respektuju pri tehnološkom projektovanju PSP pri realizaciji tokova materijala za potrebe vojnih jedinica. Naglašava se da odstupanje od pojedinih koraka i aktivnosti pri tehnološkom projektovanju, primenjivanje neodgovarajućih modela i postupaka neminovno dovodi do rešenja koja u kasnijem radu neće zadovoljiti postavljene zahteve, a nekada mogu i da u potpunosti onemoguće realizaciju PSP. Predstavljena metodologija projektovanja u znatnoj meri je proistekla i kao rezultat iskustava konkretnih studija i projekata, koji su za potrebe JNA i privrede



Sl. 8 – Faze u projektovanju

u dužem periodu realizovani na Odseku za logistiku Saobraćajnog fakulteta u Beogradu.

Literatura:

[1] Matson, O. J.; White, J. A.: Operational research and material handling, European Journal of Operational Research, 11 (1982).
[2] Ratliff, H. D.; Nulty, W. G.: Logistics composite modeling, Technical White Paper Series, The Logistics Institute at Georgia Tech, 1996.
[3] Cormier, G.: A review of warehouse models, European Journal of Operational Research 58, 1992.
[4] Kulwiec, R.: Considerations for planning and implementing integrated material handling systems, Material Handling Industry of America, ISC/MHIA Publication.
[5] Vukićević, S.: Skladišta, Preving, 1995, Beograd.
[6] Sretenović, M.: Mehanizacija pretovara, Univerzitet u Beogradu, 1966.
[7] Vukićević, S.; Sretenović, M.; Vidović, M.: Tehnološko projektovanje novih skladišta za UbS, Tematski skup „Kvalitet uskladištenih UbS“, 1994, Beograd.
[8] Vukićević, S.; Miljuš, M.: Predlog postupaka za optimizaciju strukture objekata novog skladišta za zadatu količinu UbS, Tematski skup „Kvalitet uskladištenih UbS“, 1994, Beograd.
[9] Sharp, G., et all.: A Structured Approach to Material Handling System Selection and Specification for Manufacturing, Working Paper.

Mr Boban Milošević,
major,
Vojna akademija,
Beograd

RASELJAVANJE KAO LOGISTIČKA OPERACIJA

UDC: 355.42/.43 : [355.415.2 : 623]

Rezime:

U ovom radu obrađuje se problem raseljavanja materijalnih sredstava i njihov razmeštaj na lokacijama, kao i mogućnost funkcionisanja elemenata sistema logističke podrške. U radu se određuje pojam raseljavanja. Opisan je način organizacije i tehnologije raseljavanja, gde se javlja potreba za optimizacijom različitih tereta i transportnih sredstava, kao i planiranje raseljavanja. Za tehnološke zahteve, koji se javljaju pri raseljavanju, prikazan je način dimenzionisanja tehnoloških elemenata koji zadovoljavaju te zahteve.

Ključne reči: raseljavanje skladišta, tehnološki zahtevi, tehnološki elementi, organizacija, planiranje.

DISLOCATION AS LOGISTIC OPERATION

Summary:

Dislocation of material supplies (MS) has been discussed as well as the functioning of logistic support system elements at different locations. After the definition, organisation and technology of MS dislocation, the paper gives its planning and cases where optimisation of different loads and transportation means is required. The method of dimensioning technological elements meeting the technological requirements during dislocation has been presented as well.

Key words: dislocation, technological requirements, technological elements, organisation, planning.

Uvod

Skladišta (Sk) materijalnih rezervi su u toku rata veoma rentabilan cilj i često predstavljaju objekat napada. Zbog njihovog značaja za izvršavanje logističke podrške jedinica, a samim tim i izvođenje borbenih dejstava, neophodno je preduzimanje različitih mera i aktivnosti na njihovoj zaštiti. Nameće se pitanje – na koji način obezbediti potrebne uslove, i kako organizovati raseljavanje skladišta materijalnih sredstava (MS) i tako ih zaštititi od uništenja i ostvariti optimalne uslove za snabdevanje jedinica. Raseljavanje se realizuje sa jedinstvenim ciljem i po jedinstvenom planu. Upravljanje raseljavanjem načelno se vrši naređenjima i usmeravanjem, a svaka celina (skladište) ima relativno veliku autonomiju u samom planiranju i realizaciji raseljavanja. Upravo zbog toga može se steći pogrešan utisak da ne postoji jedinstven cilj i jedinstven plan te aktivnosti. Da bi se izvršila zaštita MS neophodno je izvršiti raseljavanje stacionarnih skladišta u poljska skladišta, koja su razmeštena na pogodnim lokacijama. Razmeštajem se teži da se postigne njihovo usitnjavanje, sakrivanje i pogodniji raspored u prostoru

u odnosu na krajnje korisnike, i na taj način spase od uništenja i omogući optimalna logistička podrška jedinica, što je i cilj raseljavanja.

Planiranje raseljavanja

Planiranje je stalni proces utvrđivanja ciljeva i zadataka, kao i pronalaženje optimalnih varijanti za njihovu realizaciju, pri čemu se odluke zasnivaju na stvarnim činjenicama i realnim procenama budućih događaja. To je proces kojim se definišu ciljevi koji se žele postići u narednom periodu, iznalaženja optimalnih resursa i načina za ostvarenje definisanih ciljeva i donošenja odluka o racionalnoj upotrebi resursa za ostvarenje definisanih ciljeva.

Polazne osnove za planiranje su:

– tehnologije (koja tehnologija utovara i istovara se primenjuje, odnosno koja može da se primeni);

– tehnološki elementi (u kom slučaju određeni tehnološki elementi mogu biti korišćeni, uzimajući u obzir one koji mogu biti primenjeni i koji stvarno stoje na raspolaganju);

– izbor lokacija (lokacije sa čvrstim objektima i lokacije u poljskim uslovima koje su na raspolaganju);

– organizacija (koja sredstva sa kojih lokacija i objekata moraju biti raseljena na druge lokacije, i kako to realizovati);

– dimenzionisanja tehnoloških elemenata;

– mogućnosti provere realnosti planova (simulacija, vežbovne aktivnosti).

Neophodan uslov za planiranje raseljavanja, kao i za realizaciju samih postupaka u okviru raseljavanja, jeste izbor i određivanje potrebnih resursa. Za proračun potrebnih resursa potrebno je odrediti osnovne elemente: količine MS koje treba raseliti, vreme određeno za raseljavanje, udaljenost lokacija i brzinu kretanja opterećenih ili praznih transportnih sredstava, broj utovarnih mesta u skladištu i broj istovarnih mesta na lokacijama, vreme trajanja raseljavanja u toku jednog dana, prosečne ili već utvrđene norme vremena pri realizovanju pojedinih radnji.

Tehnološki zahtevi su konkretizovani zadaci raseljavanja MS, raščlanjeni na veći broj parcijalnih zadataka: istovar i utovar, transport, manipulacija, skladištenje, rad u specifičnim uslovima.

Tehnološki elementi su neophodni za realizaciju tehnoloških zahteva: ljudi različitih kvalifikacija, motorna vozila, viljuškari, posebni tehnološki elementi, a mogu se pojaviti kontejneri, burad i kante, koji se javljaju i kao oblici tereta.

Proizvodnost ljudstva, kao jedan od najvažnijih elemenata pri utovaru ili istovaru MS, zavisi od: dužine nošenja, vrste i svojstava MS, vrste i razmeštaja vozila, umora i obučenosti ljudstva i raspoloživog vremena. Za uspešno izvršenje transporta moraju se maksimalno iskoristiti mogućnosti raspoloživih motornih vozila preduzimanjem sledećih mera:

– izbor najpovoljnijeg tipa i broja prevoznih sredstava na osnovu zadatka (komunikacija, dužina transporta, vrsta i količina MS i drugo);

– usklađivanje rada na utovarno-istovarnim mestima prema broju transportnih sredstava;

– određivanje sredstva za manipulaciju;

– određivanje optimalnog broja ljudi za rad na utovarno-istovarnim mestima.

Rangiranje vozila vrši se na osnovu određenih kriterijuma, gde svaki kriterijum ima svoju relativnu važnost i potkriterijume koji ga bliže određuju.

Dimenzionisanjem tehnoloških elemenata optimizuje se transport MS. Primenom odgovarajućih modela, a u zavisnosti od tehnoloških zahteva, dimenzionisanje pojedinih tehnoloških elemenata može se izvršiti odgovarajućim analitičkim relacijama, za svaku odabranu tehnološku koncepciju, odnosno, tehnološko rešenje. Tipični primeri dimenzionisanja tehnoloških elemenata, u zavisnosti od odabrane tehnološke koncepcije, jesu utovar i istovar vozila u jedinici Sk pri raseljavanju. Nakon izvršene kvantifikacije tehnoloških zahteva može se pristupiti dimenzionisanju tehnoloških elemenata, korišćenjem odgovarajućih postupaka koji u potpunosti uvažavaju sve karakteristike zbirnih tehnoloških zahteva za angažovanjem tehnoloških elemenata koji ih izvršavaju.

Pri izboru lokacije za razmeštaj elemenata sistema logističke podrške mora se voditi računa o karakteristikama koje te lokacije treba da zadovolje, kako bi se omogućio njihov smeštaj i rad. Izabrane lokacije treba da zadovoljavaju uslove u pogledu veličine, pogodnosti za rad i smeštaj rezervi i zaliha, komunikativnosti i povezanosti, maskirnosti, mikroklimatskih uslova, pogodnosti za realizaciju procesa raseljavanja i slično. Uslovi za izbor lokacije su: dobri prilazni putevi – dobra komunikativnost, mogućnost rastresitog rasporeda objekata, maskirnost, mogućnost kružnog toka kretanja vozila, objekti na tvrdom i oceditom zemljištu i da je zaštićeno od bujica, da pruža dobro vodoobezbeđenje, povoljni uslovi za sprovođenje borbenog obezbeđenja, mogućnost korišćenja veštačkih ili prirodnih objekata i energetskih izvora. Kod hijerarhijskog struktuiranja kriterijuma izbora lokacije Sk, osnovni kriterijumi mogu da budu: taktičke karakteristike, karakteristike zemljišta, saobraćajne mogućnosti, organizaciono-tehnološki uslovi, klimatski, orografski i petrografski uslovi, položaj u odnosu na infrastrukturu na terenu i uslovi za život i rad ljudstva.

Raseljavanje je moguće planirati u više varijanti. Varijante planiranja zavise od konkretnog skladišta i konkretnih uslova, a mogu biti:

– prva varijanta (izrađuje se jedna varijanta plana raseljavanja kada izvršilac ima na raspolaganju samo ovaj plan i mora da postupi po njemu. Ova varijanta mogla bi se okarakterisati kao tvrda);

– druga varijanta (izrađuje se više varijanti plana raseljavanja, a zavisno od situacije određuje se koja će varijanta biti primenjena. U odnosu na prvu ovo je mekša varijanta);

– treća varijanta (izrađuje se planiranje resursa, mesta, lokacija i objekata za raseljavanje, a komanda skladišta, zavisno od situacije, realizuje raseljavanje fleksibilnije nego u slučaju prve dve varijante);

– četvrta varijanta (izrađuje se više varijanti plana raseljavanja, gde se plan radi po segmentima, vrši se segmentiranje varijanti – u skladu sa zahtevima vrši se po tehnološkim elementima, tehnologijama i lokacijama, gde su svi segmenti svake varijante autonomni, tako da pri realizaciji raseljavanja može da se vrši, zavisno od nastale situacije, kombinacija varijanti. Ovo je najfleksibilnija varijanta koja se može veoma lako prilagođavati

novonastalim situacijama pri izvršavanju raseljavanja).

Realnost izrađenih varijanti planova moguće je proveriti simulacijom i vežbovnim aktivnostima.

Organizacija i tehnologija raseljavanja

Organizacija raseljavanja Sk planira se i obavlja u miru. Kao posledica ove aktivnosti nastaju planovi raseljavanja čiji je proces ažuriranja stalna aktivnost. Sa realizacijom raseljavanja otpočinje se po dobijanju naređenja, uz korekcije planova, zavisno od situacije u kojoj treba da se izvršava zadatak. U skladu sa izrađenim planom raseljavanja proces raseljavanja organizuje se kroz:

– organizaciju ručne manipulacije;

– organizaciju polumehanizovane manipulacije;

– organizaciju mehanizovane manipulacije;

– organizaciju transporta;

– usklađivanja propusne moći utovarno-istovarnih radnih mesta i transportnih kapaciteta;

– informacionog sistema.

Za MS sa kojim nije izvršena paletizacija, ili u objektima u kojima nije moguća upotreba sredstava za manipulaciju, organizuje se ručna manipulacija. Pri određivanju broja ljudi za ručno manipulisanje mogu se primenjivati iskustvene norme do kojih se došlo pri izvođenju vežbi ili tokom obuke. Iskustvene norme kreću se od 0,4 (za ljudstvo slabije fizičke sposobnosti i uvežbanosti) do 1,2 tone tereta po čoveku u toku jednog časa, s tim što se posle četiri časa neprekidnog rada daje odmor ljudstvu.

Iskustveni podaci, iz pravila transporta i organizacije rada, mogu poslužiti pri određivanju približnog broja lica za izvršenje utovara i istovara (za ručnu manipulaciju), i prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1

Potreban broj lica za utovar i istovar vozila

Naziv	Broj lica	Režim rada	Ispred vozila	Na vozilu
m/v ili prikolica do 7 t	4	normalan	2	2
m/v i prikolica do 7 t	8	normalan	2 + 2	2 + 2
m/v ili prikolica preko 7 t	6–8	ubrzan	3–4	3–4
m/v i prikolica preko 7 t	12–16	ubrzan	3 + 3 ili 4 + 4	3 + 3 ili 4 + 4

Potrebno vreme za utovar ili istovar vozila određene nosivosti prikazano je u tabeli 2. U norme utovara i istovara uračunato je i vreme potrebno za pripremu vozila i dokumenata pre i posle obavljanja navedenih radnji.

Tabela 2

Vreme utovara ili istovara vozila

Vozilo nosivosti u tonama	Norme (minuta)	
	utovar	istovar
do 1,5	19	19
1,5–2,5	20	20
2,5–4	24	24
4–7	29	29
7–12	37	37
12–15	45	45

Opšte vremenske norme, u zavisnosti od nosivosti vozila, navedene u tabeli 2, jesu privredne norme, a u VSCG ove norme, shodno stepenu obučenosti lica za utovar i istovar kao i uslovima obavljanja navedenih radnji, treba povećati za 10 do 20%.

Polumehanizovana manipulacija vrši se tako što se deo radova obavlja ručno, a deo upotrebom sredstava za mehanizovanu manipulaciju.

Mehanizovana manipulacija obavlja se tamo gde je izvršena paletizacija MS. Za manipulaciju u terenskim uslovima mogu se koristiti traktori sa uređajima za podizanje tereta, dizalice na motornim vozilima sa specijalnim dodacima za manipulaciju sa paletizovanim MS i specijalni terenski viljuškari.

Transport MS može se realizovati: formiranjem i slanjem kolone motornih vozila, slanjem manjih grupa motornih vozila i slanjem pojedinačnih vozila neposredno posle izvršenog utovara. Realizacija transporta zavisiće od konkretne situacije u okviru koje se obavlja prevoženje – stanja puteva, mogućnosti saobraćajnog i borbenog obezbeđenja i drugih uslova.

Natovarena vozila moraju se što manje zadržavati u rejonu stacionarnog skladišta, što ukazuje da je najcelishodnija organizacija transporta slanje vozila u poljsko skladište neposredno nakon utovara.

Pri utovaru ili istovaru MS, a radi smanjenja vremena zadržavanja vozila, u skladištu se određuje potreban broj radnih mesta koji zavisi od količine MS, broja vozila, broja sredstava za manipulaciju i broja radne snage.

Propusna moć, pri utovaru ili istovaru u skladištu, zavisi od broja radnih mesta i njihove propusne moći, i iznosi:

– na osnovu poznate količine MS $Q_c = N \cdot Q_{cm}$,

– za poznati broj vozila $Nvc = N \cdot A_{cm}$.

Efikasnost i racionalnost organizovanja raseljavanja postiže se ako se uskladi ritam rada na utovaru u stacionarnom skladištu i ritam rada na istovaru u poljskom skladištu. Ritam rada predstavlja vreme između otpravljanja utovarnih ili istovarnih vozila iz skladišta [2]:

$$R = t_{u(i)} = Q_v \cdot t_1 \qquad (1)$$

– za jedno radno mesto, ritam rada će biti jednak vremenu koje je potrebno za utovar ili istovar jednog vozila;
– za više radnih mesta, smanjuje se vreme između spremnosti vozila za pokret srazmerno broju mesta:

$$R = \frac{Q_v \cdot t_1}{N} \qquad (2)$$

Interval vožnje predstavlja vreme između dva uzastopna dolaska vozila na utovarno ili istovarno mesto, i on je jednak obrtu vozila ako se za transport koristi jedno vozilo:

$$I_v = \mathrm{t}_0, \qquad (3)$$

a ako ima više vozila (Nv_1) onda će se interval pristizanja smanjiti:

$$I_v = \frac{t_0}{Nv_1}(h) \qquad (4)$$

Ukoliko su ritam rada i interval pristizanja vozila izjednačeni *(R = Iv)*, onda je postignuta racionalna organizacija raseljavanja.

Iz ovog uslova moguće je odrediti broj vozila, broj radnih mesta i uticati na vreme utovara–istovara [2]:

– broj radnih mesta $N = \dfrac{Nv_1 \cdot t_{u(i)}}{t_0}$ (5)

– broj vozila $Nv_1 = \dfrac{N \cdot t_0}{t_{u(i)}}$ (6)

Ukoliko je broj vozila $Nv_1 < Nv$, onda broj radnih mesta predstavlja ograničenje. To znači da se mora povećati broj

radnih mesta ili smanjiti vreme utovara–istovara (produžiti vreme izvršenja zadatka ako vreme raseljavanja nije ograničeno), s obzirom na to da je naređenjem i vreme raseljavanja ograničeno. Onda je broj radnih mesta:

$$N = \frac{Nv \cdot t_{u(i)}}{t_0} \qquad (7)$$

Odnos toka informacija i toka materijala između upravnih i izvršnih organa pri raseljavanju ima veliki značaj radi praćenja kretanja MS u toku preseljavanja skladišta.

Raseljavanje materijalnih sredstava

Raseljavanje MS je proces premeštanja iz stacionarnih skladišta, vantrupnog ešelona, po unapred utvrđenom planu na unapred određene i pripremljene rejone za raseljavanje. Realizuje se radi zaštite od mogućeg dejstva neprijatelja i uništenja, i obezbeđenja mogućnosti za snabdevanje jedinica MS. Odluku o izradi planova raseljavanja po varijantama donosi komanda strategijske grupacije.

Raseljavanje skladišta jedna je od najsloženijih radnji. Uslovi raseljavanja su različiti i imaju različit uticaj na tok izvršenja zavisno od:

– vremena otpočinjanja agresije;
– izvršene mobilizacije;
– obima raseljavanja;
– meteoroloških i klimatskih uslova;
– stanja resursa;
– neposredne stalne ugroženosti skladišta od dejstava iz vazdušnog prostora, itd.

Pored opštih uslova, raseljavanje se dodatno znatno usložava: uporednim izvršavanjem funkcionalnih zadataka skladišta, mobilizacije skladišta, jedinica čija su sredstva uskladištena u skladištu; jedinica koju realizuju neka skladišta i uslova izvršenja koja se menjaju u vremenu.

Raseljavanje po obimu može biti delimično ili potpuno. Do delimičnog raseljavanja MS može doći u situaciji kada nije sigurno da će doći do agresije, pa se raseljavaju samo prioritetni MS. U pitanju je ekonomski faktor, a ako dalji razvoj situacije ukaže na neminovnost agresije izvršava se potpuno raseljavanje. Proces raseljavanja može se izvoditi danju, noću ili i danju i noću u svim vremenskim uslovima, koji mogu biti i ograničavajući faktor.

Dekompozicija stacionarnog skladišta

Stacionarna skladišta izgrađuju se u miru i namenski, a objekti se grade od čvrstog materijala, tako da zadovoljavaju odgovarajuće uslove za čuvanje MS u skladu sa njihovim specifičnostima. Formiraju se na trupnom nivou za čuvanje ratnih rezervi do mobilizacije, a na vantrupnom nivou za neprekidan rad. Dekompozicija stacionarnog skladišta vrši se:

– po prostoru (skladište na više mesta – svako mesto ima jednu ili više lokacija – svaka lokacija ima jedan ili više objekata);

– po dugovanju (jedan rukovalac – jedan objekat – jedna lokacija – jedno mesto i jedan rukovalac – više mesta – više lokacija – više objekata).

Dekompozicija poljskog skladišta

Pri raseljavanju stacionarnog skladišta formira se poljsko skladište, prema već sačinjenom planu, na određenom

mestu, lokacijama i objektima u kojima će se skladištiti MS. Dekompozicija poljskog skladišta obavlja se:

– po prostoru (stacionarno skladište – jedno ili više poljskih skladišta – jedno ili više mesta – jedna ili više lokacija – jedan ili više objekata);

– po dugovanju, jedan rukovalac – jedan objekat – jedna lokacija – jedno mesto i jedan rukovalac – više mesta – više lokacija – više objekata).

Pri dekompoziciji skladišta, osnova dekompozicije je po objektima tako da svaki objekat kao podsistem skladišta predstavlja zasebnu celinu.

Opšta slika raseljavanja

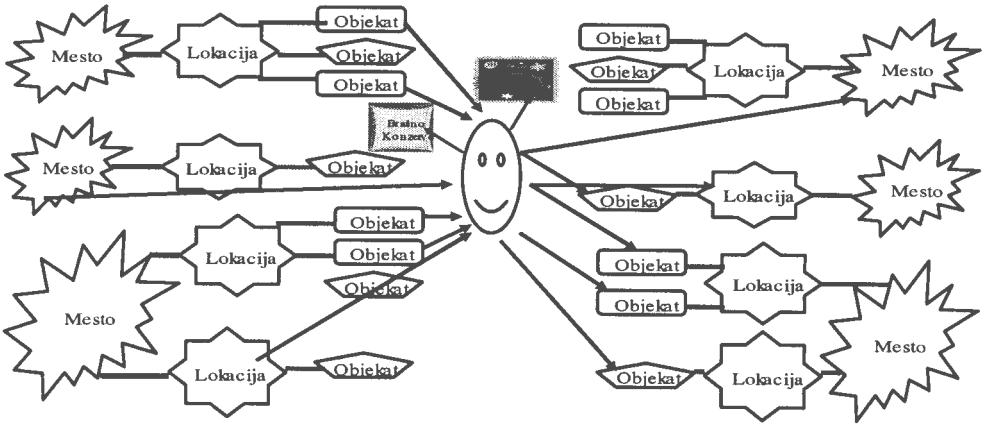
Pri izvršenju raseljavanja rukovaoci, prema planu raseljavanja, počinju da prazne objekte u kojima su bila smeštena MS, organizuju utovar na vozila, izrađuju propratnu dokumentaciju i šalju vozila na odredišta u poljska skladišta gde će MS da prime rukovaoci i da izvrše skladištenje primljenih MS (opšta slika raseljavanja prikazana je na slici 1).

U toku izvršenja pa do njegovog završetka, MS koja se raseljavaju nalaziće se u stacionarnom skladištu, na utovaru u vozilima, na vozilima u pokretu, na istovaru u objektima poljskih skladišta i u objektima poljskih skladišta. To znači da rukovaoci stacionarnog skladišta moraju ažurno izrađivati propratnu dokumentaciju, za MS koja se šalju, i da pomoću nje kontrolišu kretanje transportovanih MS.

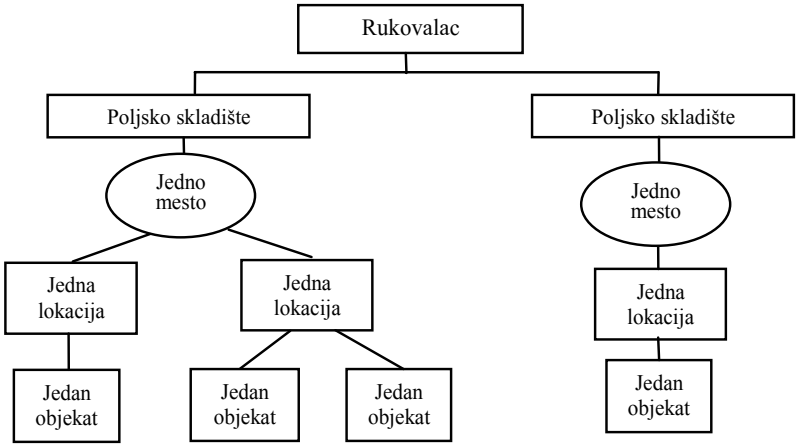
Poljska skladišta

Poljska skladišta formiraju se neposredno pred rat i u toku rata, radi raseljavanja stacionarnih skladišta, distribucije po teritoriji ili radi približavanja borbenom poretku zbog skraćivanja puteva dotura i evakuacije, i ona su privremenog karaktera.

Skladištenje, čuvanje, manipulacija i distribucija MS, a posebno održavanje uskladištenih MS i očuvanje njihovih kvalitativnih i kvantitativnih svojstava, kao i funkcionalnosti upotrebe u svim vremenskim i drugim uslovima koji se



Sl. 1 – Opšta slika raseljavanja



Sl. 2 – Raseljeno poljsko skladište

kao značajan i nezaobilazan faktor odražavaju na održavanje MS, predstavljaju bitan faktor u održavanju visokog nivoa borbene gotovosti jedinice.

Skladištenje MS u kvalitetnim objektima poljskog skladišta, i njihovo održavanje u uslovima u kojima su uskladišteni, kao jedna od funkcija snabdevanja, u sistemu logističke podrške jedinica ima veliki značaj. To je osnovni polazišni reper koji se mora zadovoljiti pri određivanju skladišnog prostora za MS.

Pojavni oblici tereta

Materijalna sredstva se sagledavaju kao pojavni oblici tereta, odnosno kao objekat raseljavanja po svojim fizičko-hemijskim osobinama, obliku i dimenzijama, kompatibilnosti u odnosu na transport i skladištenje, iz čega proizilaze zahtevi za tehnologiju i organizaciju manipulacije i transporta MS. Pojavni oblici tereta su: sanduci, palete, bačve, kante, kutije, komadni teret nepravilnog oblika, teret u rasutom stanju, teret u tečnom stanju, palete, kontejneri, osnovna sredstva, itd.

Kriterijumi za ocenu uspešnosti raseljavanja

Osnovni kriterijumi za ocenu uspešnosti raseljavanja su:

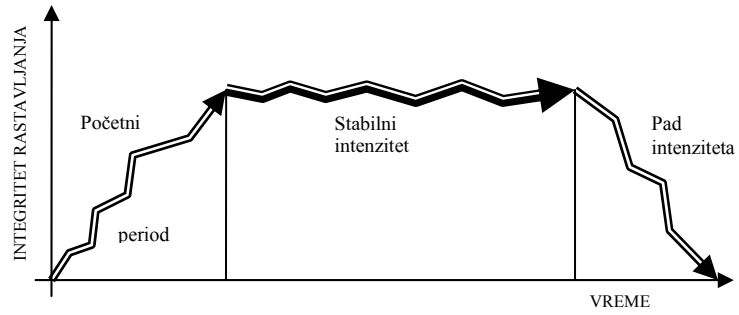
– vreme raseljavanja koje treba da bude proizvod proračuna vremena raseljavanja, a ne zadata veličina;

– funkcionalnost skladišta, koja se ogleda u toku raseljavanja i nakon završenog raseljavanja.

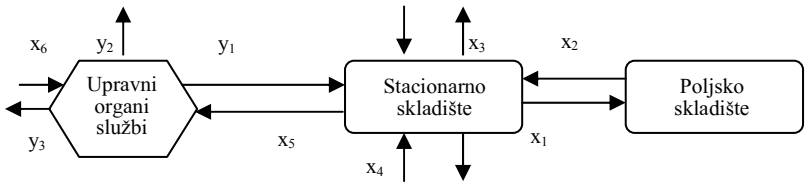
Vreme raseljavanja treba da bude rezultat proračuna resursa na osnovu tehnologije i usklađivanja rada utovarno-istovarnih stanica i transportnih kapaciteta i dinamike raseljavanja koja je prikazana na slici 3.

Informaciona podrška

Materijalni tokovi predstavljaju puteve kojima se MS prilikom raseljavanja kreću iz stacionarnih skladišta u poljska i obratno (slika 4). Materijalne tokove treba organizovati putem linije izvršnih organa–rukovaoca. Materijalna sredstva kreću se od stacionarnog skladišta ka



Sl. 3 – Dinamika raseljavanja



Sl. 4 – Tok informacija i materijalnih sredstava

x_1 – tok MS iz stacionarnog skladišta do poljskog i informacija o količini i stanju MS; x_2 – informacija o količini i stanju MS iz poljskog do stacionarnog skladišta; x_3 i x_4 – izdavanje MS jedinicama na šemi snabdevanja i informacija o izvršenom izdavanju i prijemu; x_5 – informacija o količini i stanju raseljenih MS; x_6 – naređenja i uputstva pomoćnika komandanta za logistiku; y_1 – naređenja i uputstva rukovaocima; y_2 – izveštaji i zahtevi prema pretpostavljenim organima službi; y_3 – izveštaji i zahtevi komandi

poljskom i obratno, s tim što putevi treba da budu isti. Tokom raseljavanja neophodno je pratiti stanje gde je šta raseljeno da se ne bi izgubila evidencija gde se šta od MS nalazi i tako naruši prava informacija o količini sredstava kojima se raspolaže, što bi narušilo normalno funkcionisanje skladišta. Da bi se to efikasno sprovelo potrebna su dva dokumenta – dokument o izlazu MS iz skladišta i dokument o ulazu MS u skladište. Nakon završenog zadatka rukovaoci izveštavaju upravni organ linijom informisanja.

Informatička podrška je jedan od značajnih elemenata kao realni oslonac u komandovanju i funkcionisanju skladišta. Pomoću informacionog sistema trebalo bi obezbediti automatizaciju celokupnog rada skladišta preko sledećih funkcija:

– praćenja i izveštavanja o kvantitativnom stanju MS;

– praćenja i izveštavanja o rokovima upotrebe MS;

– vođenja materijalnog knjigovodstva;

– informatičke podrške procesima rada skladišta.

Puni efekti primene računarskih sistema u logističkoj podršci, ostvariće se ne samo primenom savremenih sredstava automatizacije, već i standardizacijom logističkog informacionog sistema u hardveru i softveru. Standardizacijom će se obezbediti kompaktibilnost, jednostav-

nija obuka, smanjenje troškova i optimalna logistička podrška.

Zaključak

Savremeni način vođenja rata nameće zahtev za efikasnom logističkom podrškom. Svi ratovi vođeni posle Drugog svetskog rata ukazuju na prvorazrednu ulogu i značaj teritorijalnih skladišta, što je ujedno i glavna karakteristika u posleratnom periodu u odnosu na mesto i ulogu skladišta. Samo raseljavanje predstavlja složenu aktivnost u okviru koje treba obezbediti najviše moguće mere zaštite MS od uništenja i oštećenja, kao i maksimalnu zaštitu ljudstva koje vrši manipulaciju MS.

Raseljavanje ima strategijski značaj, pošto se njegovom uspešnom realizacijom čuvaju MS od uništenja, čime se obezbeđuje i borbena gotovost jedinica i njihova sposobnost za uspešno vođenje oružane borbe. O raseljavanju postoje iskustva iz ranijeg perioda koja su se dopunjavala i menjala u toku agresije NATO-a na našu zemlju. Koriste se i saznanja iz mirnodopskih vežbovnih uslova raseljavanja, skladištenja, čuvanja i manipulisanja MS, kao i teorijska saznanja o ostvarivanju optimalnih uslova snabdevanja jedinica MS u ratu. Tako prikupljena saznanja treba oblikovati, formalizovati i modelovati, kako bi bila lako i brzo usvojena i primenljiva.

Literatura:

[1] Maksić, R.: Osnovno snabdevanje municijom, VTA KoV JNA, Zagreb, 1986.
[2] Pantelić, V.: Snabdevanje tehničkim materijalnim sredstvima, CVŠ KOV JNA, Zagreb, 1986.
[3] Pravilo pozadinsko obezbeđenje oružanih snaga SFRJ u ratu, SSNO, 1989.
[4] Mladenović, V.: Savremena metoda skladištenja, manipulisanja i transporta, CVTŠ KoV JNA, Zagreb, 1980.
[5] Mišković, V.; Milićević, M.; Stanojević, P.: Modeli ocenjivanja i rangiranja varijantnih rešenja organizaciono-tehnoloških sistema, Vojnotehnički glasnik, 2/2001.
[6] Milošević, B.: Raseljavanje, disperzija materijalnih sredstava i izmeštanje kapaciteta intendantske službe u mobilizaciji i ratu, magistarski rad, VA VJ, Beograd, 2002.

Sc Danko Jovanović,
pukovnik, dipl. inž.
VP 5055, Beograd

IZMEŠTANJE REMONTNIH KAPACITETA

UDC: 355.753 : 355.742] : 355.415.2

Rezime:

U radu su definisani elementi sistema održavanja i uslovi pod kojima se vrši njihovo izmeštanje. Objašnjeni su kriterijumi za izbor mesta razmeštaja jedinica za održavanje. Jedinice za održavanje razmatraju se kao borbene jedinice koje moraju zadovoljiti visoku gotovost i rentabilnost u poslovanju.

Ključne reči: kriterijum, remontni kapaciteti, gotovost, rentabilnost.

DISLOCATION OF OVERHAUL CAPACITIES

Summary:

Maintenance system elements are defined as well as the conditions under which their dislocation is performed. The criteria for the choice of location for maintenance unit dislocation are discussed. Maintenance units are treated as combat units which have to maintain a high level of readiness and be cost-effective at the same time.

Key words: criterion, overhaul capacities, readiness, cost-effectiveness.

Uvod

Jedan od osnovnih preduslova za uspešno izvođenje borbenih dejstava jeste održavanje visokog stepena ispravnosti sredstava ratne tehnike (SRT). Veoma je važno da se stvore uslovi za stalno održavanje SRT u ispravnom stanju, odnosno njihovo brzo dovođenje u ispravno stanje u slučaju neispravnosti ili havarije. Da bi sistem održavanja (SOd) u celini funkcionisao neprekidno i uspešno potrebno je, u određenim uslovima kao što su neposredna ratna opasnost, rat i prirodne katastrofe, sačuvati remontne resurse od uništenja, ili ih staviti u povoljniji položaj, kako bi realizovali zadatke zbog kojih i postoje. Izmeštanje remontnih kapaciteta, pored spasavanja od uništenja ili oštećenja, može da se vrši i radi njihovog približavanja sredstvima koja treba održavati.

Dosadašnja iskustva govore da se ovom problemu nije suštinski poklanjalo dovoljno pažnje. Ne postoji adekvatno zakonsko utemeljenje u ovoj oblasti, nisu definisane nadležnosti i odnosi između vojno-teritorijalnih i drugih državnih organa, a nije ni ozakonjen postupak i obaveze vojnih i drugih organa koji koriste i pružaju usluge, vezano za ovu delatnost.

Sve to nameće preku potrebu da se problemu posveti posebna pažnja. U vezi s tim potrebno je doneti potrebnu regulativu kojom bi se blagovremeno rešile sve dileme u procesu izmeštanja remontnih

kapaciteta. Neizbežno se nameće i potreba za stalnim pripremama za realizaciju ovog zadatka.

Da bi se ovaj složeni zadatak realizovao potpuno i blagovremeno, potrebno je odrediti uslove pod kojima se proces odvija. Pored gotovosti sistema da ispuni funkciju cilja, potrebno je zadovoljiti i faktor rentabilnosti poslovanja.

Razlozi zbog kojih se vrši izmeštanje remontnih kapaciteta mogu biti:

– neposredna ratna opasnost – obično se izmeštanje kapaciteta planira mnogo ranije nego što dejstva otpočnu;

– ratna dejstva;

– elementarne nepogode, kao što su poplave, zemljotresi, požari i dr. Poznato je da su se remontni kapaciteti izmeštali posle velikih poplava;

– predislokacija – izmeštanje remontnih kapaciteta iz bivših republika SFRJ povlačenjem Vojske;

– približavanje sredstvima koja treba održavati – delimično izmeštanje i sa ograničenim ciljem).

Uslovi pod kojima će se izmeštanje odvijati mogu biti:

– danju ili noću;

– pod stalnom pretnjom dejstva iz vazdušnog prostora ili u vreme drugih priprema za realizaciju ratnih dejstava;

– pod otežanim klimatskim uslovima;

– uz dejstvo ili pretnju diverzantskih ili terorističkih grupa;

– sa ili bez adekvatne radne snage, sredstava za integralni transport i transportnih sredstava za prevoz;

– aktivnost može otpočeti sa ili bez plana, na brzinu, pre, u toku ili posle izvršene mobilizacije;

– pre ili u toku izvođenja borbenih dejstava.

Krajnji rok za realizaciju izmeštanja kapaciteta može da se posmatra kao vreme za izmeštanje radi spasavanja ljudi i sredstava od uništenja, ili kao početak funkcionisanja sistema za održavanje na novoj lokaciji. Težnja da se SOd odvija u svim uslovima podrazumeva da se izmeštanjem kapaciteta ne naruši princip neprekidnosti SOd.

Određivanje lokacija za razvoj jedinica za tehničko održavanje zahteva poseban pristup, prvenstveno sa aspekta uspešnosti sistema za održavanje. Koncept uspešnosti SOd-a može da se sagleda kroz ukupnu uspešnost SOd-a koja predstavlja funkciju organizacione, tehnološke i ekonomske komponente.

Struktura organizacionih celina za remont može biti: radno mesto, radna grupa, pokretna radionica, odeljenje, pogon, sektor, biro, zavod (fabrika).

Sadržaj organizacione celine mora definisati: broj organizacionih jedinica, strukturu organizacionih jedinica (remontnih celina) po radnim mestima, raspored remontnih celina u prostoru, ovlašćenja za izvršenje pojedinih zadataka preneta na organizacionu jedinicu, pripadnost remontnih celina karakterističnim nivoima održavanja, pravila međusobnog komuniciranja.

Maskiranje i adaptacija prostora za siguran rad usled dejstva protivnika predstavlja osnovni razlog njegovog preuređenja ili dogradnje.

Adaptacija prostora organizuje se tako da zadovolji osnovne uslove sigurnog rada. Za izvođenje mnogih radova na održavanju raketa, elektronskih uređaja i sl. potreban je betonski antistatički pod, određena vlažnost vazduha i najčešće napon od 380 *V*, „S“ izvedba električnih in-

stalacija, ostali izvori energije, sabijen vazduh, voda, i drugo.

Prostor se uređuje i za smeštaj ljudi, obuku, odmor, kupanje, ishranu i ostale potrebe.

Radna snaga za utovar i istovar mora posebno da se planira za ove aktivnosti.

Transportna sredstva za prevoz ljudi i opreme na nove lokacije, moraju biti takva da mogu da prevezu specijalne alatne mašine, niskonoseće prikolice, i dr.

Pri razmatranju opreme i sredstava integralnog transporta treba voditi računa o tome koje sredstvo može da se upotrebi na kojoj lokaciji.

Manevar kapacitetima i rezervama izvodi se radi izbegavanja udara protivnika, objedinjavanja kapaciteta, optimizacije transporta, pretpočinjavanja i evakuacije iz ugroženog rejona.

Mere borbene sigurnosti, bezbednosti i zaštite treba da omoguće da svaka celina funkcioniše po načelima borbene upotrebe vojnih sastava.

Za izmeštanje remontnih kapaciteta potrebna su i određena novčana sredstva, a mora se razmotriti i uticaj radnji izmeštanja remontnih kapaciteta na neprekidnost sistema održavanja, uspostavljanje informacionih i materijalnih tokova za nesmetano funkcionisanje sistema u celini, pretpočinjavanje i uklapanje nižih nivoa održavanja u više nivoe, raspolaganje sredstvima, prioriteti u radu, kao i limitirajući faktori i druga pitanja.

Izmeštanje remontnih kapaciteta, u zavisnosti od ukazane potrebe, mogu vršiti vojne jedinice na taktičkom ili operativnom nivou, vojne ustanove na strategijskom nivou i civilna preduzeća od posebnog interesa za odbranu zemlje.

Elementi sistema održavanja koje treba izmestiti

Održavanje tehničkih sistema predstavlja organizovan skup normativnih i tehničko-tehnoloških akcija čiji je osnovni cilj očuvanje i obnavljanje radnih sposobnosti tehničkog sredstva. Sistem održavanja predstavlja kompleks akcija, funkcija, postupaka, elemenata, principa i pravila u procesu održavanja. Održavanje predstavlja uslužnu delatnost koja je u vojnoj sredini koncipirana kao podsistem integralne logističke podrške.

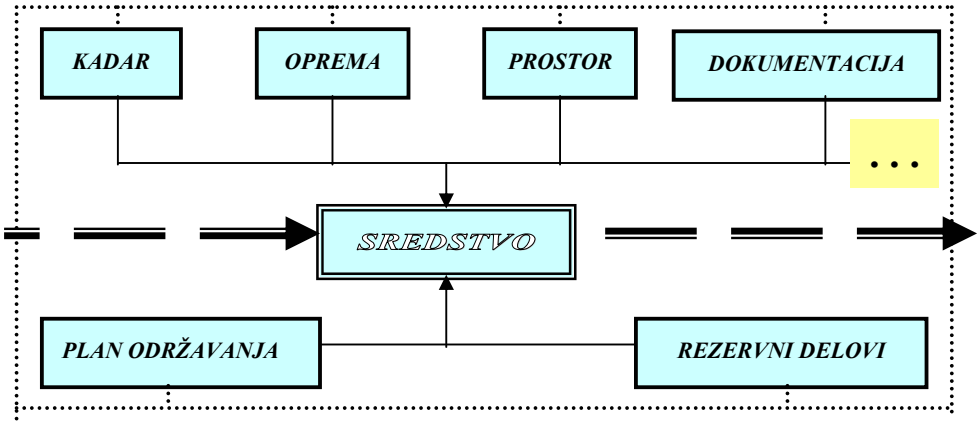
Da bi SOd stalno funkcionisao na zadovoljavajući način, potrebno je u svim okolnostima sačuvati osnovne elemente sistema koji se planski izmeštaju na nove lokacije, kada postojeće, iz bilo kojih razloga, više ne odgovaraju nameni. Poteškoće u analizi elemenata sistema mogu predstavljati i činjenice koje ukazuju na to da je teško izraziti vrednost pojedinih elemenata, što otežava postavku bilo kog modela.

Elementi sistema za održavanje prikazani su na slici.

Kadar za održavanje (Od) propisan je formacijama vojnih jedinica–ustanova, a određen je kriterijumom za određivanje ličnog i materijalnog sastava tehničkih jedinica.

Kriterijum organizacijsko-formacijske strukture ličnog i materijalnog sastava jedinica za tehničko održavanje i snabdevanje TMS u ratu i miru (Tehnička uprava, 1997) propisuje broj ljudi po specijalnostima u različitim jedinicama za održavanje. Propisano je 79 različitih proizvodnih zanimanja po ovom kriterijumu.

Alat i radionička oprema za održavanje predstavljaju skup svih standardnih



Elementi sistema za održavanje

i namenski proizvedenih alata, pribora, pomoćnih uređaja, mernih i dijagnostičkih sredstava, neophodnih za kontrolu ispravnosti, detaljnu dijagnostiku i otklanjanje neispravnosti na tehničkim sredstvima. Alati se razvrstavaju kao:

– individualni kompleti i rezervni alati i pribori (IK i RAP) deo su opreme svih sredstava, bez obzira na njihovu složenost. To je, ujedno, i prvi nivo ešeloniranja alata i rezervnih delova. Sastav IK i RAP, materijal za izradu, oblik, dimenzije, kvalitet, zaštitu i smeštaj na konkretnom sredstvu, vrsta i količina r/d određuju se još u fazi razvoja konkretnog sredstva. RAP može biti i grupni, ako se određuje za grupu sredstava. Izmeštanje IK i RAP obavlja se uz konkretno sredstvo uz koje se on i nalazi;

– kompleti opšteg alata (KOA) za pojedine specijalnosti definišu se posebno za svaku specijalnost (zanimanje). Svaki komplet sačinjen je iz asortimana standardnih alata, na osnovu tehnološkog procesa i obima radova koje mehaničar određene specijalnosti može obaviti standardnim alatom. Alat i pribor iz ovih kompleta smešten je u standardizovanu ambalažu, limene sanduke dimenzija 220×200×500 mm, ili u specijalne torbice, za mehaničare veze i elektronike i neka druga zanimanja. Materijal za izradu, oblik, dimenzije, kvalitet i zaštita određeni su odgovarajućim standardima. Princip dodele KOA je jedan mehaničar – jedan alat. Masa jednog kompleta, po pravilu, ne sme biti veća od 25 kg. Svaki mehaničar za vreme rada i premeštanja nosi sa sobom svoj komplet opšteg alata;

– kompleti specijalnog alata i pribora (KSA) definišu se u toku razvoja svakog sredstva. Za obavljanje određenih tehničkih operacija iz okvira tehničkog održavanja, srednjeg i generalnog remonta, koje se ne mogu obaviti sa KOA, standardnim alatima i radioničkom opremom kontrolno-mernih, ispitnih i remontnih stanica, obezbeđuje se specijalni alat i pribor. KSA mogu biti razvijeni za svako sredstvo ili grupu sredstava. Po pravilu, definišu se za tehničko održavanje, srednji i generalni remont. Komplet za viši nivo sadrži elemente za niži nivo održavanja. KSA se isporučuje u odgo-

varajućim sanducima čija bruto težina ne prelazi 75 kg, dimenzija 900×500×300–600 mm. Alat se nalazi u jednom ili više sanduka koji su prilagođeni paletizovanom transportu. KSA se dodeljuju jedinicama koje u svom sastavu imaju sredstva za koja su alati proizvedeni i mehaničare koji ta sredstva mogu da održavaju;

– pokretne tehničke radionice, kontrolno-merne, ispitne i remontne stanice koriste jedinice i ustanove za TOd i SR u terenskim uslovima. Kompleti mašina, uređaja, alata instrumenata i druge opreme iz pokretnih radionica, uz primenu kompleta opštih i specijalnih alata, treba da omoguće izvršenje svih radova iz domena TOd i SR koji su propisani za sve grupe sredstava. Pokretne radionice dodeljuju se po kriterijumu na svim nivoima koji imaju jedinice za održavanje. Prema kriterijumu propisana je 31 vrsta pokretnih radionica, a posebno su nabavljene ili proizvedene ispitne i specijalističke pokretne stanice;

– automobilske dizalice razvrstavaju se u grupe nosivosti do 10 t i do 30 t;

– tenkovi za izvlačenje;

– kompleti za punjenje akumulatora sleduju svim jedinicama za održavanje PS. U praksi se posebno istakla pokretna AkSt;

– kompleti za osvetljenje sleduju po vrstama i rangu komandama jedinica ili ustanova;

– stacionarna oprema (radni stolovi, zaštitna, radna i pomoćna oprema) i druga radionička oprema definisana je i nabavljena prema vrsti i nameni pogona i potrebama za adaptaciju radioničkog prostora, radi veće efikasnosti u radu. Raspoređena je po pogonima i, osim uslova koje nameće zaštita na radu, podleže opštoj tržišnoj standardizaciji.

Najčešće vrste opreme u vojnim radionicama, po pogonima, jesu:

– pogon za naoružanje – presa hidraulična, čistač cevi, kompresor, oprema za konzervaciju naoružanja i dr.;

– pogon za mototehniku – mašina za montažu i demontažu pneumatika, mašina za balansiranje točkova, platforma-dizalica, kanalska dizalica, platforma za izgradnju menjača, obične i specijalne dizalice, probni sto za elektropokretače, alternatore i generatore, probni sto za pumpe visokog pritiska, i dr;

– pogon mašinske obrade i opštih radova – univerzalni strug (veći i manji), stubna bušilica, stubna brusilica, mašina za ravnanje glave bloka motora, glodalica, mašina za ravno sečenje metala, presa hidraulična, dizalica radionička stubna, mašina za sečenje lima, mašina za profilisanje lima, mašina tapetarska, aparat i oprema za elektrolučno zavarivanje, aparat i oprema za autogeno zavarivanje, vaga za merenje, i dr.;

– pogon za belu tehniku i PP opremu – uređaj za unutrašnje čišćenje boca, uređaj za kontrolu ventila, kompresor, uređaj za hidraulično ispitivanje rezervoara pod pritiskom, uređaj za pretakanje ugljen-dioksida, vaga, uređaj za punjenje PP aparata halonom, uređaj za punjenje prahom, stona bušilica, i dr.;

Ukupna zapremina navedene opreme, koja se nalazi u jednoj četi remontne podrške, iznosi oko 200 m^3, a masa oko 50 t. Karakteristike navedene opreme zahtevaju pažljivo rukovanje i prethodnu adaptaciju za transport i utovar viljuškarima ili dizalicama.

Prilagođenost konstrukcije za integralni transport i laku demontažu i ras-

klapanje postoji samo na manjem broju mašina ili uređaja. Oprema nije prilagođena ni za vezivanje sajli za podizanje. Često se nalazi u prostorijama u koje ne mogu da uđu viljuškari, pa je mašine i uređaje posle demontaže potrebno prethodno izvući iz prostorija, a zatim utovarati. To zahteva delimično prilagođavanje podloge, korišćenje improvizovanih sredstava za pomeranje, a u nekim slučajevima i rušenje pomoćnih radioničkih zidova.

Prostor iz kojeg se izmeštaju kapaciteti mora biti podešen za rad sredstava za integralni transport, sa visokim plafonima, ravnom i jakom podlogom, sa kružnim tokom saobraćaja, i dr.

Tehnička i druga dokumentacija, informatička oprema, i ostala sredstva za normalno obavljanje remonta predstavljaju veoma važan deo bez kojeg informacioni tokovi upravljačke strukture SOd ne bi mogli da funkcionišu. To su:

– liste (listinzi) dugovanja PS, alata, r/d, i dr.;

– tehnička uputstva za održavanje, TS-1 i TS-2, tehnička remontna dokumentacija – TRD, fabrička uputstva za održavanje;

– imenici rezervnih delova, TS-3, fabrički katalozi;

– hardverska oprema, softverski paketi.

Planovi za održavanje moraju da se izrađuju i na novoj lokaciji, prilagođeni novonastaloj situaciji.

Rezervni delovi, potrošni i repro materijal. Svaka jedinica u kojoj se vrši održavanje u svom sastavu ima i jedinicu (magacin) rezervnih delova. Iskustva pokazuju da izmeštanje magacina traje najduže sa najviše izraženih problema. Svi podaci ukazuju na činjenicu da su magacini pretrpani nepotrebnim rezervnim delovima koji nisu paletizovani i pripremljeni za izmeštanje. Podaci nameću preku potrebu da se zalihe svedu na potrebnu meru i da se projektuje adekvatan sistem upravljanja zalihama r/d.

Uslovi za razvoj jedinica za tehničko održavanje

Opšti uslovi za razvoj jedinica za održavanje

U Vojsci SCG postoji više jedinica za održavanje – od nivoa LR, SR, do GR. Da bi se definisali kriterijumi za izbor lokacija i objekata, potrebno je poznavati njihovu organizacijsko-formacijsku strukturu, plan upotrebe jedinice u kojoj se jedinica za održavanje nalazi, razvoj jedinica koje sistem za održavanje treba da opslužuje, kao i način funkcionisanja upravljačke strukture u novonastaloj situaciji.

Iskustva pokazuju da je najbolje rešenje da se jedinice razviju u stacionarnim objektima, postojeće privredne i druge infrastrukture, kombinovano ili, u krajnjem slučaju, na otvorenom prostoru uz korišćenje formacijskih sredstava za život i rad. Dobro je da se izmeštanje obavlja u dve faze – I faza, u kojoj se izmeštaju vozila i kompleti alata i II faza, u kojoj se izmeštaju r/d i radionička oprema.

Opšti zaključak je da su pokretne radionice nezamenljive u postojećem sistemu, a da su neophodni: sredstva veze, informatička podrška, način prenošenja informacija i komandi.

Moguće je postaviti opšte kriterijume koji moraju da zadovolje sve lokacije na koje se izmeštaju remontni kapaciteti:

– rastresit raspored i nesmetan manevar rezervama, transportnim sredstvima i sredstvima integralnog transporta,

– povoljni uslovi za adekvatno maskiranje ljudi i izmeštenih stvari,

– optimalni uslovi za formiranje tehnoloških celina za rad,

– adekvatni uslovi za odmor, ishranu, obuku,

– pogodnost sprovođenja mera ZOP, ZNR, ZŽS, zdravstvene zaštite,

– da nema unosnih ciljeva u blizini,

– dobri prilazni putevi, kao i potrebni kvalitetni putevi unutar odabrane lokacije.

Kriterijumi za izbor lokacija za izmeštanje remontnih kapaciteta

Osnovni kriterijumi za izbor lokacija za izmeštanje remontnih kapaciteta su taktički i organizaciono-tehnološki.

Taktički kriterijumi odnose se na upotrebu jedinice za održavanje, njenu manevarsku sposobnost, položaj u odnosu na druge elemente borbenog rasporeda snaga koje se podržavaju u sistemu održavanja, kao i snaga protivnika. U ove kriterijume spada i potrebna zona sigurnosti za bezbedan i nesmetan rad, pri čemu se teži da uticaj neprijateljeve vatre na jedinicu za Od bude najmanji, a uslovi za život i rad najpovoljniji. Pri izboru lokacije treba imati u vidu: operativnost u radu, što manji utrošak sredstava i resursa, što manje gubitke i što veću gotovost sredstava koja se održavaju. Umesto izvlačenja i evakuacije sredstava treba im približiti resurse za održavanje.

Taktički kriterijumi mogu da se razlože u sledeće grupe [2]:

– vojnogeografske karakteristike zemljišta – udaljenost od naseljenog mesta, udaljenost od potencijalne desantne prostorije, udaljenost od unosnog cilja;

– položaj lokacije u odnosu na druge elemente borbenog rasporeda – udaljenost od komandnog mesta, udaljenost od skladišta r/d, udaljenost od medicinskog centra;

– karakteristike rejona rasporeda – površina potencijalnog mesta, srednja udaljenost prostora za rad i smeštaj ljudstva, udaljenost između sekcija, broj i raspored zaklona za ljude i vozila, broj i raspored stražarskih mesta;

– karakteristike komunikacija – broj mogućih uređaja za održavanje veze, najkraća dužina puta do linije fronta, dužina puta do glavnih snaga, broj komunikacija za korišćenje, ukupna dužina puteva, udaljenost železničke stanice, broj mostova, nadvožnjaka, prevoja.

Organizaciono-tehnološki kriterijumi odnose se na potrebu formiranja određene tehnološke celine, kako bi sistem za održavanje mogao zadovoljiti osnovnu funkciju cilja zbog koje je i formiran, a to je održavanje sredstava ratne tehnike i drugih sredstava. Ovi kriterijumi zahtevaju manja rastojanja između remontnih celina, kako bi bilo što manje gubitaka u radu, a što se kosi sa taktičkim kriterijumima koji zahtevaju što rastresitiji raspored radi bolje zaštite. Tehnološki proces odvija se u formiranim sekcijama ili na mestima oštećenja. Pokretne ekipe upućuju se na mesta oštećenja – nastanka neispravnosti. Osnovni princip rada je agregatni, a po stvaranju uslova vrši se i regeneracija delova, sklopova i agregata.

Organizaciono-tehnološki kriterijumi mogu da se razlože u sledeće grupe:

– prostor – korisna radionička površina u prostorijama do 4 m visine, od 4

do 8 m visine, nosivost podloge od 7 do 25 t, od 25 do 45 t, broj i površina prostorija sa izrazito povoljnim uslovima za obavljanje specijalnih radova, površina zatvorenog skladišta, srednja udaljenost od SOT, vreme potrebno za adaptaciju prostora za rad;

– oprema – broj i mogućnost korišćenja sredstava za integralni transport pri radu i manipulaciji sa rezervnim delovima i sklopovima, broj kanala, broj kranova i kanalskih dizalica, broj i vrsta instaliranih mašina i uređaja, mogućnost opterećenja električne i druge instalacije;

– uslovi radne sredine – ventilacija, odvojenost prostorija za boce pod pritiskom, mogućnost odvoda i odlaganja opasnih i otpadnih materija, osvetljenje, temperatura, vlažnost vazduha, zaštita od jonizujućih zračenja, ZOP, smeštaj ljudi, mogućnost za normalan odmor, ishrana, higijenski uslovi, zaštita od buke i vibracija;

Zaključak

Proces izmeštanja remontnih kapaciteta, u dosadašnjoj praksi, više se odvijao stihijski nego planski. Trebalo bi da bude zasnovan na merilima utemeljenim propisima koji definišu strategijske radnje u pripremi i izvođenju borbenih dejstava.

Praksa pokazuje da je infrastruktura za izbor lokacija povoljna, ali da ne postoji adekvatna regulativa u rešavanju ovog problema.

Radi unapređenja postojećeg stanja potrebno je, pre svega, doneti adekvatne propise iz ove oblasti, formirati bazu podataka koja bi bila dostupna licima koja vrše planiranje, izvršiti obuku ljudstva za pravilan izbor lokacija za izmeštanje remontnih kapaciteta, kao i propisati redosled radnji pri planiranju i realizaciji plana. Pored toga, važno je da se propiše i sadržaj plana izmeštanja, kao i nadležnosti pojedinih nivoa u donošenju odluka pri realizaciji plana.

Izmeštanje je potrebno planirati u više varijanti, a elemente sistema pripremati u miru, kako bi izmeštanje bilo u potpunosti realizovano prema unapred izrađenim planovima.

Literatura:

[1] Avrić, D.: Upotreba bataljona remontne podrške, GŠŠ, 1997.
[2] Andrejić, M. i dr.: Definisanje kriterijuma za izbor rejona razmeštaja tehničkih jedinica za održavanje, VTG 1/96.
[3] Stanojević, P.: Uticaj tehničkih faktora na organizacionu strukturu sistema održavanja, Doktorska disertacija, 1997.
[4] Grupa autora, Iskustva iz rada bataljona remontne podrške, 1999.
[5] Uputstvo za raseljavanje, disperziju i zaštitu pokretnih stvari (privremeno)–nacrt, GŠ, SL, OUL, 2003.
[6] Vojne softverske aplikacije nad digitalnom kartom, radni mat., 2004.
[7] Cakić, A.: Logistički kontroling u savremenim logističkim sistemima, VTG 1/2003.
[8] Nikolić, M. i dr.: Kvantifikacija osnovnih kriterijuma logistike, VTG 1/2004.
[9] Jovanović, D.: Mogućnost poboljšanja tehničkog održavanja u realnom sistemu, 1998.
[10] Stanojević, P. i dr.: Strategije održavanja tehničkih sistema, VTG 6/2003.
[11] Vujanović, N.: Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, VINC 1987.
[12] Grupa autora, Iskustva iz rada bataljona remontne podrške u toku rata 1999. godine, 1999.

Sc Velenko Milanović,
pukovnik, dipl. inž.
VP 4100, Novi Sad

METODOLOGIJA ODREĐIVANJA ELEKTROENERGETSKOG BILANSA OPERACIJE

UDC: 621.8.037 : 519.6] : 355.42/43

Rezime:

Pored ubojnih i pogonskih sredstava, električna energija je treći bitan elemenat energije boja. Proračun i poznavanje elektroenergetskog bilansa jedinice podrazumeva određivanje potreba za električnom energijom (izvorima, punjačima, ispravljačima, pretvaračima), omogućuje iznalaženje optimalnih rešenja pomoću raspoložive opreme i sredstava, a komandovanju obezbeđuje donošenje pravovremenih i kvalitetnih odluka i predstavlja bitan faktor borbene gotovosti jedinice. Poznavanje elektroenergetskog bilansa omogućuje određivanje autonomnosti jedinica, što je važno za planiranje i realizaciju određenih zadataka i aktivnosti. U ovom radu predstavljen je matematički model za određivanje elektroenergetskog bilansa bilo koje jedinice, za sve uslove i zadatke u kojima se može naći i koje može izvršavati. Bilans se može odrediti sa ili bez upotrebe informatičke opreme što mu obezbeđuje široku i svenivojsku primenu.

Ključne reči: elektroenergetski bilans, matematički model, električna energija, hemijski izvori struje.

METHODOLOGY OF DETERMINING ELECTRIC ENERGY BALANCE OF OPERATIONS

Summary:

Besides explosives and propulsive devices, electric energy represents the third crucial element of battle energy. Calculation and understanding of electric energy balance of units imply determination of needs for electric energy (sources, chargers, transformers, converters), enable optimal solutions by the help of available equipment and in commanding they provide making timely and high-quality decisions thus representing an important factor of unit combat readiness. Furthermore, knowledge of electric energy balance provides unit autonomy, which is very important in planning and realisation of particular missions and activities. This paper presents a mathematical model for electric energy balance determination for any type of units, all circumstances and missions they may be involved in. The model is applicable with or without use of computers, thus providing its wide and all level-application.

Key words: electric energy balance, mathematical model, electric energy, chemical sources of electric energy.

Uvod

Brzi razvoj tehnike, a posebno elektrotehnike i elektronike, u poslednjim dekadama dvadesetog veka, imao je veliki uticaj na kvalitet i način naoružavanja i opremanja jedinica Vojske Srbije i Crne Gore. Elektronika se sa složenih sistema (veze, radarskih, raketnih i drugih) „preselila“ do samog vojnika, radi poboljšanja njegove efikasnosti i zaštite u borbi. Primena elektronike postaje sve masovnija u naoružavanju i opremanju svih naših jedinica, bez obzira na rod, službu i

namenu. Da bi naoružanje i oprema bili u neprekidnoj i potpunoj funkciji, neophodno je obezbediti neprekidno i kvalitetno napajanje električnom energijom. Autonomnost jedinica, kao jedan od osnovnih principa u izvršavanju borbenih i drugih zadataka, nužno nameće potrebu da se, pored planskog obezbeđenja ubojnim, pogonskim i drugim sredstvima, planira i realizuje i obezbeđenje električnom energijom. Da bi se taj zadatak kvalitetno realizovao, potrebno je odrediti elektroenergetski bilans svake jedinice.

Kao i sve druge potrebe, i potrebe za električnom energijom proračunavaju se po određenoj metodologiji za svaku jedinicu, odnosno, za izvršenje određenog mirnodopskog ili borbenog zadatka. U ovom radu prikazana je metodologija određivanja, odnosno, proračuna elektroenergetskog bilansa operacije.

Autonomne izvore električne energije čine:

– hemijski izvori (akumulatori i galvanski elementi),

– mehanički izvori naizmenične struje – elektroagregati,

– pretvarači električne energije,

– punjači akumulatora.

Određivanje elektroenergetskog bilansa

Elektroenergetski bilans načelno se određuje za ZTJ i niže jedinice, a može se razmatrati i utvrđivati preko:

– taktičkih parametara (oblik oružane borbe, vid borbenih dejstava, borbeni uslovi, zemljište, vreme, vreme neposrednog učešća u b/d, dnevni intenzitet upotrebe potrošača električne energije, režim rada na prijemu–predaji, prioritet u elektroenergetskom obezbeđenju);

– parametara tehničkog obezbeđenja (zadržavanje jedinice u određenom rejonu u zoni ili van zone b/d, trajanje premeštanja u novi rejon, svijanja i razvijanja za rad, prikupljanja akumulatora, pripreme akumulatora za punjenje, dotura napunjenih akumulatora, zamene akumulatora u jedinicama);

– tehničkih parametara (vrsta, broj i autonomija potrošača električne energije, broj osnovnih i rezervnih akumulatora, napon i nominalni kapacitet, koeficijent realnog kapaciteta, struja punjenja, struja prijema i predaje kod radio-uređaja, vreme punjenja, vrsta punjača i koeficijent iskoristivosti, nepovratni gubici akumulatora, vrsta i broj galvanskih elemenata, vrsta i broj potrošača naizmenične struje, koeficijent jednovremenog rada svih uređaja – potrošača električne energije).

Obezbeđenje operacije električnom energijom mora, po obimu i kvalitetu, da odgovara složenosti i značaju primene i upotrebe sredstava u uslovima izvođenja operacije. Zbog toga se proračunavaju i definišu autonomni izvori električne energije koji će pokrivati potrebe jedinica u toku izvođenja operacije, uz obezbeđenje maksimalne borbene gotovosti ($K_g = 1$).

Za proračun je potrebno poznavati i definisati sve navedene parametre, jer oni utiču na tok i rezultate proračuna.

Definisani parametri i početni uslovi uvode se u matematički model proračuna elektroenergetskog bilansa, koji definišu sledeće relacije:

– *instalisana energija* svih akumulatora (radnih i rezervnih):

$$W_{in} = \sum_{i=1}^{n} C_i U_i n_i \quad [W_h]$$

gde je:
C_i – nazivni kapacitet *i*-te vrste akumulatora,
U_i – nazivni napon *i*-te vrste akumulatora,
n_i – broj akumulatora *i*-te vrste.

Za izračunavanje ove vrednosti potrebno je znati brojno stanje akumulatora u svim jedinicama i njihove nazivne podatke;

– *električna energija potrebna za punjenje* svih akumulatora u jedinici, iz punjača:

$$W_p = \sum_{i=1}^{n} I_{pi} U_{pi} t_{pi} n_i \quad [W_h]$$

gde je:
I_{pi} – struja punjenja *i*-te vrste akumulatora,
U_{pi} – napon punjenja *i*-te vrste akumulatora,
t_{pi} – vreme punjenja *i*-te vrste akumulatora,
n_i – broj akumulatora *i*-te vrste.

Uzimajući u obzir srednji napon punjenja akumulatora, dolazi se do koeficijenata punjenja za olovne i alkalne akumulatore, $\alpha_{Pb} = 1{,}38$ i $\alpha_{Al} = 1{,}61$, pa se njihovom primenom dobiju sledeće relacije:

$W_p = \alpha_{Pb} W_{Pb}$ – za olovne akumulatore,

$W_p = \alpha_{Al} W_{Al}$ – za alkalne akumulatore;

– *električna energija punjenja po danu rata izračunava se po izrazu:*

$$W_d = \sum_{i=1}^{n} \frac{W_{pi}}{A_i} t_r \quad [W_{h/danrata}]$$

gde je:
W_{pi} – energija punjenja *i*-te vrste akumulatora (Wh),
A_{pi} – autonomija rada *i*-te vrste akumulatora (h),
t_r – broj dana rata (neprekidno angažovanje sredstava u b/d) *tr* = 10–16 h/dan rata;

– *autonomija rada* elektroničkih uređaja koji su napajani iz akumulatora za sredstva veze:

$$A = \frac{nC_{stv}(1m)}{m(I_{pred} f_{pred} + I_{prij} f_{prij})}$$

gde je:
n – broj kompleta akumulatora koji idu uz TMS,
C_{stv} – stvarni kapacitet,
m – odnos vremena predaje–prijema za radio-uređaje,
I_{pred} – struja predaje,
f_{pred} – faktor korekcije potrošnje kapaciteta za I_{pred},
I_{prij} – struja prijema,
f_{prij} – faktor korekcije potrošnje kapaciteta za I_{prij}.

Za motorna vozila $A = 90$ dana za akumulatore veće od 100 Ah i $A = 60$ dana za akumulatore manje od 100 Ah;

– *raspoloživa električna energija* akumulatora za vreme upotrebe:

$$W_r = kW_{in} = k\sum_{i=1}^{n} C_i U_{ini} \quad [Wh]$$

gde je:
k – faktor smanjenja vrednosti nominalnog kapaciteta:

$$k = k_{st} k_T k_{sam} k_{od} k_i < 1$$

k_{st} – koeficijent starosti hemijskog izvora,
k_T – koeficijent uticaja temperature na hemijski izvor,

k_{sam} – koeficijent samopražnjenja hemijskog izvora,
k_{od} – koeficijent održavanja hemijskog izvora,
k_i – koeficijent uticaja struje pražnjenja veće od normalne.

Prema iskustvenim podacima vrednost k kreće se u granicama od 0,7 do 0,85, odnosno, usvaja se:

– k = 0,85 za olovne akumulatore,

– k = 0,70 za alkalne akumulatore;

– *ukupna struja punjenja* svih akumulatora, propisana prema vrsti, tipu i raspoloživom vremenu punjenja:

$$I_p = \sum_{i=1}^{n} I_{pi} \text{ [A]}$$

– *ukupna dnevna struja punjenja* po danu rata:

$$I_d = \sum_{i=1}^{n} \frac{W_{di}}{W_{pi}} \text{ [A]}$$

– *raspoloživo vreme za punjenje:*

$$t_p = t_z - t_{raz} - t_{pri} - t_d$$

gde je:
t_z – vreme zadržavanja StTOd bez premeštanja,
t_{raz} – vreme razvijanja – svijanja StTOd
t_{pri} – vreme pripreme izvora za punjenje (0,5 h)
t_d – vreme dotura napunjenih akumulatora,

– *snaga elektroagregata* za dnevno punjenje akumulatora:

$$P_d = fab\frac{W_d g W_p}{\eta_p t_p}$$

gde je:
f – koeficijent za uvećanje el. energije zbog ojačanja (zadaje se u granicama 1– 1,40),
η_p – stepen iskorišćenja punjača (η_p = 0,9 – 0,95 za jedan punjač i η_p = 0,85 za 3 punjača),
a – faktor povećanja snage elektroagregata u slučaju korišćenja brzih punjača (1 do 2),
b – koeficijent jednovremenosti korišćenja svih punjača (0,85 do 1),
g – verovatnoća nepovratnih gubitaka akumulatora, (usvaja se 0,005),
t_p – raspoloživo vreme za punjenje akumulatora;

– *snaga naizmeničnih elektroagregata* podrazumeva snagu potrebnu za napajanje potrošača u pokretnim radionicama u StTOd:

$$P = \sum_{j=1}^{l} i_j P_{inj}$$

gde je:
i_j – faktor jednovremenog korišćenja svih potrošača električne energije na i-tom TMS,
P_{inj} – instalisana snaga električne energije svih potrošača na i-tom tehničkom sredstvu,
j = 1, 2,.... l, broj grupa tehničkih sredstava sa ugrađenim potrošačima naizmenične električne energije;

– *koeficijent gotovosti:*

$$K_g = \frac{1}{1+\frac{\tau}{T}} = \frac{T}{T+\tau}$$

gde je:
T – ukupno vreme rada radnog i rezervnog kompleta,

τ – vreme koje je uređaj bio bez izvora napajanja.

Ako je K_g = 1 (što se želi postići) onda mora biti τ = 0;

– broj akumulatora na dnevnom punjenju:

$$N_d = n\frac{t_r(n_k + n_r)}{A}$$

gde je:
n – ukupan broj TMS,
n_k – broj akumulatora u radnom kompletu,
n_r – broj akumulatora u rezervnom kompletu,
A – stvarna autonomija (sa radnim i rezervnim kompletom),
t_r – neprekidno angažovanje sredstava u operaciji (prihvata se 16 h).

Za poznavanje stanja hemijskih izvora struje i za preduzimanje mera za njihovo dovođenje u stanje kada mogu obezbediti koeficijent gotovosti Kg = 1 za sva sredstva koja su na upotrebi u jedinici, potrebno je da budu dostupni prvenstveno sledeći podaci:

P_d – snaga elektroagregata za dnevno punjenje akumulatora,

W_d – električna energija punjenja po danu rata,

n_d – broj akumulatora na dnevnom punjenju;

– dnevne potrebe pogonskog goriva za elektroagregate:

$$PG_d = \sum_{s=1}^{l} N_s (d/r)_s (p/r)_s \qquad [\text{lit}]$$

gde je:
s = 1, 2, ... t, broj vrsta elektroagregata sa različitom dnevnom potrošnjom,
N_s – broj elektroagregata s-te vrste,
$(d/r)_s$ – kriterijum za dnevnu potrošnju pogonskog goriva elektroagregata s-te vrste,
$(p/r)_s$ – punjenje rezervoara elektroagregata s-te vrste.

Dnevne potrebe pogonskog goriva izražavaju se posebno za motorni benzin i za dizel gorivo. U odnosu na dnevne potrebe pogonskog goriva, u određenom procentu izračunavaju se i količine ostalih pogonskih sredstava po posebnom kriterijumu.

Proračun rezervi akumulatora

S obzirom na veliki broj olovnih akumulatora u svim ZTJ i nepoznavanja njihovog trenutnog stanja, veoma je teško predvideti mogućnost otkaza i dinamiku zamene. Uzimajući u obzir prosečan vek olovnih akumulatora od 3 godine za formirane i 5 godina za suvopunjene, procenjuju se godišnje potrebe za zamenom od 1/5 do 1/3 postojećih akumulatora (u prvoj godini realni su i veći otkazi).

Pri planiranju rezervi alkalnih akumulatora potrebno je, pored zanavljanja „isluženih“ akumulatora, uzeti u obzir i postizanje koeficijenta gotovosti K_g = 1.

Potpunije sagledavanje rezervi moguće je pomoću „verovatnosnog modela“ određivanja dinamike kretanja rezervi za akumulatore u eksploataciji.

Akumulatori se, pri matematičkoj formulaciji problema, razmatraju kao nepopravljivi uređaji koji se mogu naći u samo dva stanja – ispravnom i neispravnom.

U praksi je dominantan normalni otkaz (postepeni otkaz) zbog gubitka kapaciteta, porasta unutrašnjeg otpora i povećanja samopražnjenja u odnosu na iznenadne otkaze, kao posledice nepravilnog rukovanja i nepredviđenih događaja, a koji su sastavni deo prakse.

Normalni otkazi imaju zakonomerni karakter, pa se njihove pojave, sa određenom verovatnoćom, mogu unapred predvideti.

– *verovatnoća bezotkaznog rada akumulatora,* tj. verovatnoća da za date uslove eksploatacije i unapred zadato vreme T neće doći do otkaza, $p(t) = P(T>t)$, odnosno, statistička veličina p*(t) određuje se prema izrazu:

$$p^*(t) = \frac{N - m(t)}{N} = 1 - \frac{m(t)}{N} \qquad m(t) \le N$$

gde je:
N – ukupan broj rashodovanih akumulatora,
$m(t)$ – broj rashodovanih akumulatora u vremenu t.

– *verovatnoća otkaza* za vreme t definisana je sa $q(t) = P(T \le t)$ i predstavlja integralnu zakonitost raspodele, odnosno kumulativnu relativnu učestalost otkaza.

Statistička veličina $q^*(t)$, određuje se prema izrazu:

$$q^*(t) = 1 - p^*(t) = \frac{m(t)}{N} \qquad m(t) \le N$$

Učestalost otkaza koja predstavlja brzinu „opadanja“ pouzdanosti akumulatora

$$f(t) = -\frac{dp}{dt} \text{ ili}$$

$$f^*(t) = \frac{m(\Delta t)}{N}$$

gde je $m(\Delta t)$ broj rashodovanih akumulatora u jedinici vremena;

– *intenzitet otkaza* predstavlja se odnosom:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{p(t)}$$

Statički $\lambda^*(t)$ predstavlja broj rashodovanih akumulatora u jedinici vremena $m(\Delta t)$ prema ukupnom broju akumulatora koji do tog trenutka još nisu rashodovani:

$$\lambda^*(t) = \frac{m(\Delta t)}{N - m(\Delta t)}$$

– *statističko srednje vreme do otkaza,* odnosno, srednji vek trajanja, određuje se prema izrazu:

$$T_{sr} = \frac{1}{n}(t_1 + t_2 + \ldots + t_n) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} t_i$$

t_i je vek trajanja i-tog akumulatora iz posmatranog skupa od n vrsta, a određuje se prema podacima iz kartona rashodovanog akumulatora, na osnovu podataka o datumu formiranja i datumu rashodovanja.

Na osnovu kriterijuma da se olovni akumulator može upotrebljavati sve dok mu je kapacitet za 70% veći od nazivnog, akumulatori su svrstani u pet kategorija (tabela).

Ukoliko se u sistemu ne vrši nikakva zamena, a s obzirom na pet usvojenih starosnih kategorija akumulatora,

Kategorije akumulatora

Kvalitet akumulatora	Kategorija	Kapacitet	Vreme u eksploataciji	Kol.	Verovatnoća bezotkaznog rada	% gubitka radne sposobnosti
Odličan	I	0,9 Cn	do 2 god.	N_1	0,92–0,99 (0,95)	0–25
Vrlo dobar	II	0,8–0,9 Cn	2–3 god.	N_2	0,71–0,91 (0,80)	25–50
Dobar	III	0,75–0,8 Cn	3–3,5 god.	N_3	0,46–0,70 (0,60)	51–70
Podnošljiv	IV	0,70–0,75 Cn	3,5–4,0 god.	N_4	0,20–0,45 (0,35)	71–90
Za rashod	V	0–0,70 Cn	> 4 god.	N_5	<0,20	> 91

ukupan broj akumulatora u nekom trenutku, određen je izrazom:

$$N_0(t) = \sum_{i=1}^{5} N_i p(t/t_i)$$

gde je $p(t/t_i)$ uslovna verovatnoća da će skup akumulatora, koji su u posmatranom trenutku istrošeni u meri koja odgovara verovatnoći $p(t_i)$, „preživeti" još vreme t.

Ako je na skupu akumulatora u eksploataciji do trenutka τ broj zamenjenih akumulatora određen veličinom $r(\tau)$, tada veličina $\delta(\tau) = r(\tau) - r(\tau-1)$ predstavlja broj akumulatora koji su zamenjeni u intervalu $(\tau, \tau-1)$.

Novi akumulatori će se u eksploataciji ponašati po istom zakonu verovatnoće kao i akumulatori koji rade od početnog trenutka, samo će doći do vremenskog pomeranja njihove verovatnoće bezotkaznog rada za τ, odnosno kod njih će se računati $p(t-\tau)$.

Ukoliko se popunjavanje (zamena) akumulatora vrši od trenutka $\tau = 1$ do $\tau = t$ u nekim određenim intervalima ukupan broj „preživelih" akumulatora od novih (zamenjenih) biće određen relacijom:

$$N_z(t) = \sum_{\tau=1}^{t} \delta(\tau) p(t-\tau)$$

– *ukupan broj „preživelih" akumulatora* u sistemu, vodeći računa i o onima koji rade od trenutka $t = 0$, dobija se po obrascu:

$$N(t) = N_o(t) + N_z(t) =$$

$$= N_o(t) + \sum_{\tau=1}^{t} \delta(t) p(t-\tau)$$

Iz ovog izraza može se izračunati i broj akumulatora koje je potrebno obezbediti za zamenu normalno otkazalih akumulatora u intervalu t:

$$\delta(t) = N - N_o(t) - \sum_{\tau=1}^{t} \delta(t) p(t-\tau)$$

Proračun ljudstva potrebnog za aktiviranje suvopunjenih akumulatora u toku mobilizacije

Proračun potrebnog broja izvršilaca za aktiviranje suvopunjenih akumulatora i postavljanje na motorna vozila može se empirijski proračunati:

$$N_{AA} = \left(\frac{1}{T_{rad} - 1} \sum_{i=1}^{n} T_{Ai} Q_{Ai} \right) N_{TC} +$$

$$+ N_{OA} + N_{PA} + N_{RE} + N_{zr}$$

gde je:

T_{rad} – trajanje radova u kojem se vrši dekonzervacija motornih vozila (m/v),

T_{Ai} – vreme potrebno za aktiviranje i postavljanje jednog akumulatora na m/v,

Q_{Ai} – broj akumulatora i-te vrste koje je potrebno formirati,

N_{TC} – broj ljudi u tehnološkoj celini koji vrši prenos akumulatora na mesto formiranja i formira akumulatore,

N_{OA} – broj ljudi za odnošenje akumulatora na m/v,

N_{PA} – broj ljudi za postavljanje akumulatora na m/v,

N_{RE} – broj rukovodilaca ekipe,

N_{ZR} – broj zamenika rukovodilaca ekipe.

Trajanje radova (T_{rad}) računa se po formuli:

$$T_{rad} = 2/3 T_{mob} - T_{uzb} - T_{uo}$$

gde je:

T_{mob} – vreme mobilizacije,

T_{uzb} – vreme uzbunjivanja,

T_{UO} – vreme utovara sredstava ekipe za dekonz. m/v i vreme njenog dolaska do m/v.

Zaključak

U ovom radu prezentiran je matematički model koji je, jednim delom, zasnovan na empirijskim pokazateljima za proračun i određivanje elektroenergetskog bilansa za bilo koju jedinicu, uz uvažavanje najbitnijih taktičkih i tehničkih parametara. Na osnovu dobijenih rezultata proračuna može se planski pristupiti elektroenergetskom obezbeđenju jedinice.

Poznavanje elektroenergetskog bilansa omogućuje komandovanju bolje praćenje ovog vrlo važnog faktora borbene gotovosti jedinice. Prikazani matematički model podrazumeva i primenu automatizacije proračuna i obrade podataka na bilo kom savremenom računaru, a time i kvalitetniju obradu dobijenih rezultata za potrebe odlučivanja po ovoj problematici. Kao problem koji bi trebalo rešavati u daljem periodu opremanja i naoružavanja Vojske, nameće se potreba unifikacije izvora za napajanje, a samim tim i opreme za njihovo održavanje, što bi pojednostavilo rukovanje i osnovno održavanje.

Literatura:

[1] Memišević, V.; Beoković, M.: Hemijski izvori električne energije, VIZ Beograd, 1983.

[2] Marčetić, M.: Usavršavanje održavanja EIEE, Projektni zadatak, TVA Zagreb.

[3] Milanović, V.: Analiza pouzdanosti EIEE, seminarski rad VTA, 1998.

[4] Milanović, V.: Priprema EIEE za eksploataciju u toku mobilizacije, seminarski rad VTA, 2000.

[5] Vuksanović, D.: Elektroenergetsko obezbeđenje oklopne brigade, seminarski rad VTA, 1998.

Dr Radomir Janković,
pukovnik, dipl. inž.
Vojnotehnički institut,
Beograd

RAČUNARSKA SIMULACIJA UTROŠKA MUNICIJE DO PRVOG POGOTKA U IZNENADNOM SUKOBU DVA TENKA

UDC: [623.451 : 623.438] : 355.424.5

Rezime:

Predmet ovog rada je računarska simulacija utroška municije do prvog pogotka glavnih oruđa dva tenka u iznenadnom sukobu. Prvi pogodak je bitan, jer često ima presudan uticaj na krajnji ishod sukoba tenkova. Tenkovi su naoružani različitim glavnim oruđima, od kojih je jedno protivoklopna vođena raketa, a drugo top sa brzim potkalibarnim probojnim projektilima. Definisan je iznenadni sukob tenkova, date su polazne pretpostavke i prikazan je simulacioni model pomoću grafičke predstave kretanja platformi, matematičkih transformacija i algoritamskog opisa. Model je implementiran pomoću simulacionog jezika GPSS World. Analizirani su rezultati 10 eksperimenata, pri različitim vrednostima početnog rastojanja tenkova u iznenadnom sukobu.

Ključne reči: simulacija, tenk, sukob, glavno oruđe, utrošak municije.

COMPUTER SIMULATION OF AMMUNITION CONSUMPTION UNTIL THE FIRST HIT IN A SUDDEN TWO-TANK CONFLICT

Summary:

The subject of the paper is computer simulation of ammunition consumption until the first hit in a sudden two-tank conflict. The first hit is important because it is often decisive in a two-tank conflict issue. The tanks are armed with different main weapons, one of which is a guided antiarmour missile, and the other is a classic gun which fires armour piercing rounds. The sudden conflict of tanks has been defined, starting assumptions have been given and the simulation model has been presented by means of the graphic representation of the platforms moving, mathematical transforms and algorithmic description. The model has been implemented by means of the GPSS World simulation language. The results of 10 experiments have been analysed, with various intial distances of the tanks in conflict.

Key words: simulation, tank, conflict, main weapon, ammunition consumption.

Uvod

U ovom radu predstavljeni su neki od rezultata sopstvenog istraživanja u oblasti složenih vojnih sistema. Predmet rada je simulacija utroška municije glavnih oruđa do prvog pogotka u neočekivanom sukobu dva tenka.

U savremenim operacijama čiji je nosilac, ili u kojima učestvuje kopnena vojska (KoV), oklopne i mehanizovane jedinice (OiMJ) imaju jednu od odlučujućih uloga. Mada po živoj sili malobrojne, one predstavljaju oko jedne trećine vatrene moći i oko 20 procenata vrednosti opreme kopnene vojske. To je razlog što se pri konstruisanju novih, ili (sve aktuelnije) modernizaciji postojećih tenkova, pažljivo razmatraju svi njihovi pojedinačni podsistemi, kao i ukupan učinak

tih podsistema u okviru tenka kao složenog vojnog sistema – naoružane mobilne platforme (NMP).

Jedan od najznačajnijih podsistema tenka kao NMP je njegovo glavno oruđe. U najnovijoj generaciji tenkova postoje dva suprotstavljena pristupa u izboru glavnog oruđa. To su protivoklopna raketa, vođena po laserskom snopu, koja se lansira iz cevi topa, i klasičan top koji ispaljuje brze potkalibarne probojne projektile. Imajući u vidu cenu tih oruđa, sistema za upravljanje njihovom vatrom i ostalih podsistema tenkova koji utiču na njihovo uspešno dejstvo, pristupilo se istraživanjima u kojima se, primenom metode računarske simulacije, ispituje uticaj glavnog oruđa na ishod iznenadnog sukoba dva tenka, kao jednog od najzahtevnijih oblika izvođenja borbenih dejstava tenka kao naoružane mobilne platforme.

U radu [1] uveden je simulacioni model sukoba dve naoružane mobilne platforme. Cilj izrade takvog simulacionog modela je da se, putem eksperimenata sa razvijenim simulatorom, istraži uticaj različitih parametara NMP kao sistema na tok i ishod sukoba, i da se donesu odluke o tehničkim rešenjima i načelima borbene upotrebe NMP. U radu [2] uvedeni su osnovni mehanizmi za simulaciju sukoba dve NMP:

– $\tau(d)$: transformacija datog rastojanja u vreme;

– $\lambda(t)$: transformacija datog vremena u rastojanje;

– VD: vatreno dejstvo po protivničkoj NMP;

– p_p: funkcija verovatnoće pogotka protivničke NMP;

– p_u: funkcija verovatnoće uništenja pogođene NMP;

– REM: reakciona matrica;

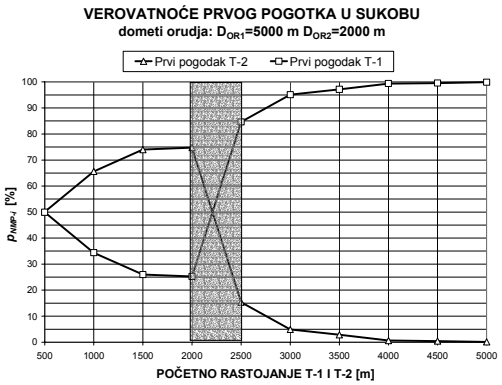
– KTP: komunikacija transakcija sa preusmeravanjem.

Ti mehanizmi poslužili su za razvoj simulatora sukoba tenkova T-1 i T-2, radi ispitivanja uticaja izbora glavnog oruđa na ishod sukoba [3, 4]. U radu [5] razvijen je model i izvršena simulacija dva tenka, koji imaju identične karakteristike, izuzev glavnog oruđa (tabela). Kod jednog od njih to je klasičan top koji ispaljuje protivoklopne probojne potkalibarne projektile, a kod drugog protivoklopna vođena raketa. Tenkovi u sukobu kreću se jedan drugom u susret.

Uporedne karakteristike tenkova u sukobu

Naziv	T-1	T-2
Maksimalna brzina V_i (m/s)	18	18
Azimut kretanja α_i (°)	α_1	α_1+180
Domet ON-sprava $D_{ON\text{-}i}$ (m)	5000	5000
Domet oruđa $D_{OR\text{-}i}$ (m)	5000	2000
Verovatnoća pogađanja $p_{OR\text{-}i}$ (%)	(sl. 4)	(sl. 4)
Vreme pripreme oruđa $T_{OR\text{-}i}$ (s)	10 ± 4	8 ± 2
Brzina leta projektila $V_{L\text{-}i}$ (m/s)	300	1800
Veličina borbenog kompleta BK_i	4	45

Na slici 1 prikazane su verovatnoće prvih pogodaka tenkova T-1 i T-2 u funkciji njihovog početnog rastojanja u iznenadnom sukobu. Uočavaju se tri zone: do 2000 m, gde u većem broju slučajeva prvi pogađa tenk T-2, od 2000 do 2500 m (osenčeno) gde dolazi do promene i od 2500 do 5000 m, gde sa povećanjem početnog rastojanja sve više dominira tenk T-1. Rezultati simulacionih eksperimenata ukazuju na to da na rastojanjima do 2000 m prednost u iznenadnom sukobu ima tenk T-2, naoružan klasičnim topom koji ispaljuje brze potkalibarne probojne projektile, a na rastojanji-



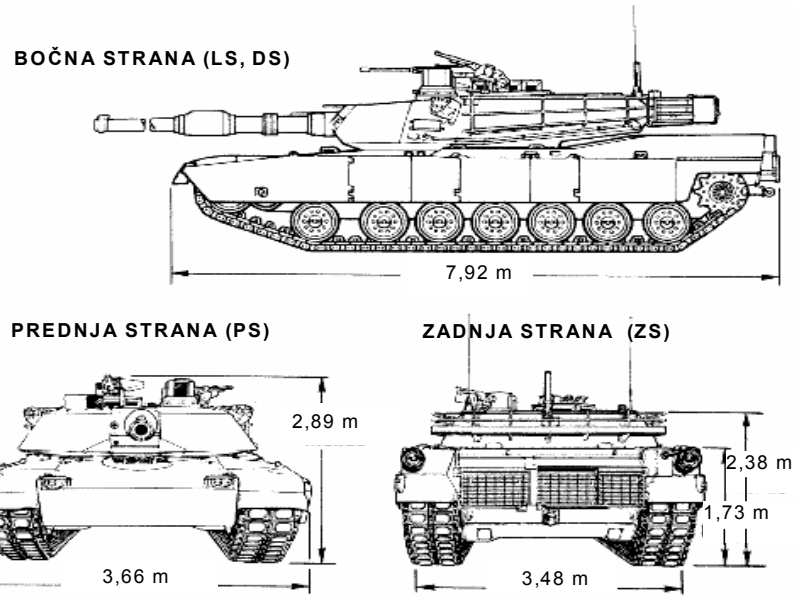
Sl. 1 – Verovatnoće prvog pogotka tenkova u iznenadnom sukobu

ma od 2500 m do 5000 m tenk T-1, naoružan protivoklopnim vođenim raketama.

U ovom radu najpre je definisan tenk kao naoružana mobilna platforma, a zatim je dat osvrt na razvijeni simulacioni model. U analizi rezultata 10 eksperimenata izvršenih sa programom simulatorom implementiranim pomoću jezika GPSS World, razmatraju se utrošci municije UM_1 i UM_2 glavnih oruđa tenkova T-1 i T-2, respektivno.

Tenk: naoružana mobilna platforma

Cilj simulacije je istraživanje iznenadnog sukoba tenkova [2, 3, 4, 5], vanrednog događaja do kojeg dolazi kada se sretnu dva protivnička tenka, koji se nalaze u sopstvenim nezavisnim misijama, i do tog susreta ne znaju jedan za drugog. Tenk je ofanzivno oklopno borbeno vozilo, što znači da mu je stepen zaštite najveći na prednjoj strani, nešto manji na bočnim stranama, a najmanji na zadnjoj. Izgled i osnovne dimenzije tipičnog savremenog tenka prikazani su na slici 2. Imajući u vidu te dimenzije, raspored područja posebno važnih za funkcionisanje tenka i njihovu osetljivost na pogotke, takav tenk se u ovoj simulaciji aprok-



Sl. 2 – Tenk kao NMP: osnovne dimenzije

simira paralelopipedom, čije su dimenzije: širina a = 3,5 m, dužina b = 8 m i visina c = 3 m.

Osnovni pogon (motor, transmisija) nalazi se u zadnjem delu tenka [5] i najizloženiji je sa zadnje, manje sa bočnih, a najmanje sa prednje strane tenka. Hodni mehanizam (gusenice, pogonski točkovi, itd.) najmanje je izložen sa prednje, više sa zadnje, a najviše sa bočnih strana tenka. Mehanizam za pokretanje kupole najviše je izložen u delu na sastavu između kupole i tela tenka.

Osmatračko-nišanske (O-N) sprave komandira i nišandžije zamenljive su u okviru svojih osnovnih funkcija. Pored toga, svaka od njih u izvesnoj meri može da zameni uništenu osmatračku spravu vozača.

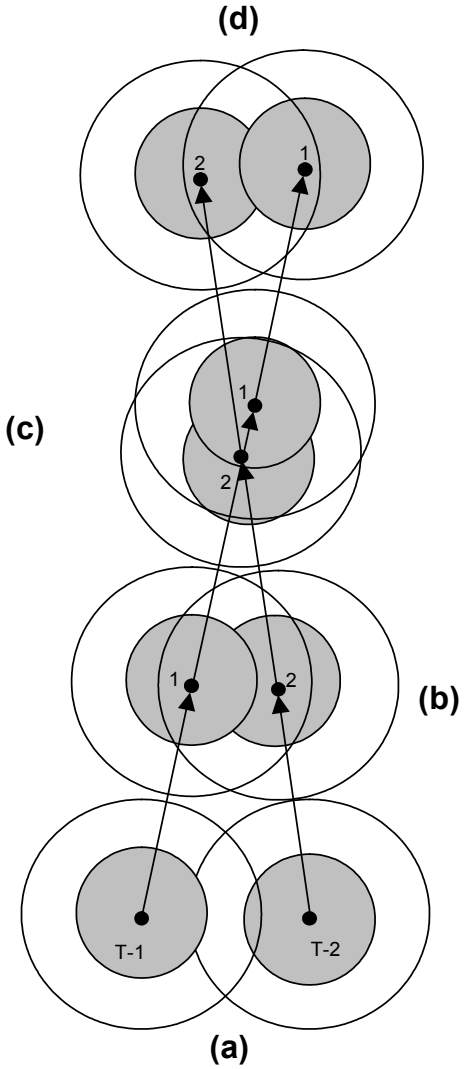
Iznenadni sukob tenkova

Pojedine faze iznenadnog sukoba dva tenka [1, 3, 4] prikazane su na slici 3. Tenkovi u sukobu, T-1 i T-2, predstavljeni su simbolički tačkama – svojim položajima u prostoru u kojem se kreću, zonama detekcije pomoću njihovih senzora za osmatranje i upravljanje vatrom (širi krugovi), i zonama mogućeg vatrenog dejstva oruđa (zasenčeni krugovi).

Deo slike 3(a) prikazuje pretkonfliktnu fazu u kojoj još nema sukoba, a tenkovi T-1 i T-2 ne znaju za postojanje protivnika, jer se oba nalaze van dometa senzora S-1 i S-2 za osmatranje i upravljanje vatrom, odnosno van njihovih zona detekcije.

Sukob nastaje u fazi koja je prikazana u delu (b) slike 3, kada je bar jedan od tenkova T-1 i T-2 ušao u zonu detekcije senzora protivnika. Tada tenk, čija je osmatračko-nišanska sprava detektovala protivnika, uzima elemente za upravljanje vatrom i priprema glavno oruđe za dejstvo.

Vatreno dejstvo glavnog oruđa počinje u fazi prikazanoj u delu (c) na slici 3. Uslov je da bar jedan od tenkova uđe u zonu vatrenog dejstva oruđa protivnika, a da je on, sa svoje strane, uzeo elemente za upravljanje vatrom i ima raspoloživo i



Sl. 3 – Faze sukoba tenkova T-1 i T-2

pripremljeno oruđe. U ovoj fazi, koja predstavlja suštinu iznenadnog sukoba, dolazi do međusobne razmene vatrenog dejstva glavnih oruđa tenkova T-1 i T-2, koji tako pokušavaju da unište jedan drugog. Svaki od njih nastavlja to da radi sve dok ne nastupi jedan od sledećih događaja:

– protivnički NMP je pogođen dejstvom sopstvenog oruđa;

– dalje vatreno dejstvo je onemogućeno, usled otkaza oruđa, nestanka municije ili neke nove odluke;

– usled daljeg kretanja međusobno rastojanje tenkova T-1 i T-2 postalo je veće od dometa njihovih glavnih oruđa.

Ukoliko je jedan od tenkova pogođen vatrenim dejstvom oruđa drugog tenka, tada se sukob završava njegovim porazom. Ukoliko dođe do otkaza oruđa ili potpunog utroška municije, tenk i dalje učestvuje u sukobu, ali bez mogućnosti aktivnog dejstva i sa znatno smanjenim izgledima za preživljavanje.

Ukoliko, daljim kretanjima, tenkovi izađu iz zona vatrenog dejstva oruđa, sukob prelazi u sledeću fazu, prikazanu na delu slike 3 (d). To je poslednja, postkonfliktna faza sukoba, kada je obustavljeno vatreno dejstvo, ali se tenkovi još uvek nalaze u zoni detekcije senzora. Oni se međusobno osmatraju sve do izlaska iz zona osmatranja, čime se, u ovom slučaju, sukob završava opstankom oba tenka.

Simulacioni model

Polazne pretpostavke za izradu simulacionog modela neočekivanog sukoba su:

– tenkovi T-1 i T-2 kreću se jedan drugom u susret, pod azimutima $\alpha 1$ i $\alpha 2=\alpha 1+180°$, svojim maksimalnim brzinama V1 i V2. Do sukoba ne znaju jedan za drugog;

– T-1 ima osmatračko-nišansku spravu S-1, a T-2 spravu S-2, koje služe za osmatranje i upravljanje vatrom. Sprave su definisane svojim krajnjim dometima $D_{S\text{-}1}$ i $D_{S\text{-}2}$;

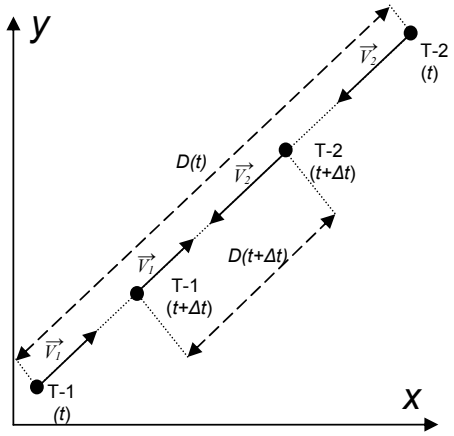
– tenkovi imaju oruđa OR-1 i OR-2 koja mogu da pogode protivnika sa verovatnoćama $p_{OR\text{-}1}$ i $p_{OR\text{-}2}$. Prosečna vremena pripreme oruđa za dejstvo su $T_{OR\text{-}1}$ i $T_{OR\text{-}2}$, dometi $D_{OR\text{-}1}$ i $D_{OR\text{-}2}$, brzine leta projektila do cilja $V_{L\text{-}1}$ i $V_{L\text{-}2}$ i veličine borbenih kompleta municije BK_1 i BK_2;

– sukob tenkova T-1 i T-2 počinje kada bar jedan od njih otkrije protivnika pomoću svoje osmatračko-nišanske sprave. Kada sukob jednom počne, više nema odustajanja do njegovog okončanja;

– sukob prestaje kada jedan tenk prvi put pogodi protivnika ili kada usled potpunog utroška borbenih kompleta oruđa OR-1 i OR-2 ostanu bez municije.

Simulacioni model sukoba dve naoružane mobilne platforme razvijen je i opisan u [1, 3, 4]. Tenkovi u sukobu kreću se jedan drugom u susret, svojim maksimalnim brzinama V_1 i V_2. Na slici 4 data je grafička predstava modela kretanja tenkova T-1 i T-2 u dvodimenzionalnom prostoru.

Simulacioni model sukoba T-1 i T-2 je diskretan i dinamički, orijentisan na događaje. Realizovan je pomoću simulacionog jezika GPSS World [6]. Tenkovi T-1 i T-2 predstavljaju se GPSS transakcijama [6], koje u svojim parametrima nose sve relevantne informacije (koordinate trenutnog položaja, brzine i sl.). Aktivnosti sistema u modelu predstavljaju se čistim vremenskim kašnjenjima.



Sl. 4 – Kretanje tenkova u sukobu

Nastajanje glavnih događaja u sistemu zavisi od međusobnog rastojanja D platformi. Rastojanje određuju trenutne koordinate T-1 i T-2. U modelu je zato potrebna transformacija datog rastojanja D u odgovarajući interval Δt koji protekne dok se ne postigne zadata veličina rastojanja D, odnosno dok se ne stekne uslov za nastanak odgovarajućeg događaja u simuliranom sistemu.

Interval Δt, u slučaju modela sa slike 4, predstavlja realno pozitivno rešenje kvadratne jednačine:

$$A\cdot(\Delta t)^2+B\cdot\Delta t+C-D=0 \qquad (1)$$

odnosno

$$\Delta t_{1,2}=\frac{-B\pm\sqrt{B^2-4A(C-D)}}{2A} \qquad (2)$$

gde su:

$$A = V_2^2+V_1^2-2V_2V_1\cos(\alpha_2-\alpha_1) \qquad (3)$$

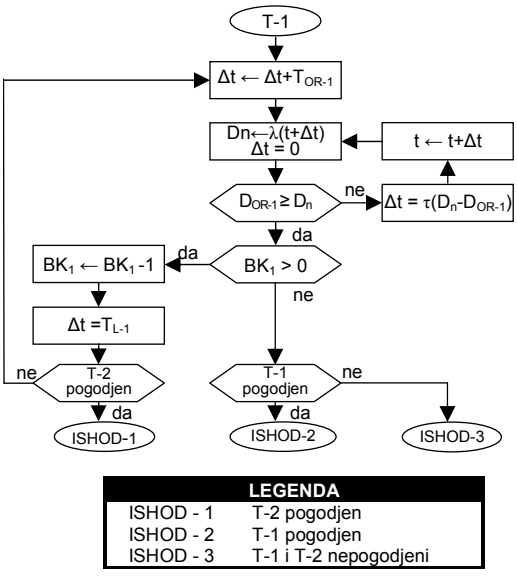
$$B=2\{[x_2(t)-x_1(t)]+(V_2\sin\alpha_2-V_1\sin\alpha_1)+$$
$$+[y_2(t)-y_1(t)](V_2\cos\alpha_2-V_1\cos\alpha_1)\} \qquad (4)$$

$$C=[x_2(t)-x_1(t)]^2+[y_2(t)-y_1(t)]^2 \qquad (5)$$

Ako postoje dva realna pozitivna rešenja, u modelu se bira manje od njih – interval Δt za koji će rastojanje između platformi prvi put dostići zadatu vrednost. Ako nema realnog rešenja, razmatrani događaj, pod datim uslovima, nikada neće nastupiti. Trajanje neke aktivnosti u sistemu, u intervalu Δt, imaće za posledicu po svom okončanju, pored ostalog, i promenjeno rastojanje platformi $D(t+\Delta t)$. Da bi se odredilo to novo rastojanje, potrebno je izvršiti transformaciju datog vremena u rastojanje. U slučaju modela sa slike 4, novo međusobno rastojanje platformi $D(t+\Delta t)$ u zavisnosti od proteklog intervala (Δt) dato je izrazom:

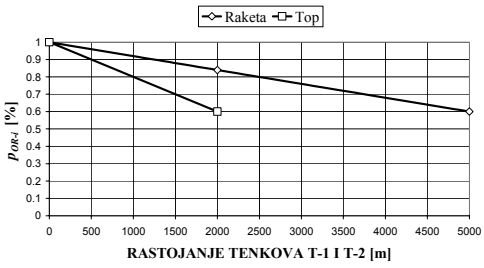
$$D(t+\Delta t)=\sqrt{A\cdot(\Delta t)^2+B\cdot\Delta t+C} \qquad (6)$$

gde su veličine A, B i C takođe određene izrazima (3), (4) i (5), respektivno.



Sl. 5 – Modul za simulaciju aktivnosti tenka T-1

Simulator sukoba T-1 i T-2 sastoji se od četiri modula [1]. Na slici 5 prikazan je algoritamski opis modula za simulaciju aktivnosti tenka T-1 u sukobu sa T-2.



Sl. 6 – Verovatnoće pogađanja oruđa OR-1 i OR-2

Na slici 6 date su raspodele verovatnoća pogađanja protivničkog tenka glavnim oruđima OR-1 i OR-2 u njegovu izloženu (prednju) stranu, u funkciji od međusobnog rastojanja tenkova T-1 i T-2. Vidi se da protivoklopna vođena raketa ima veću verovatnoću pogađanja, i da je efikasna do 5000 m, za razliku od potkalibarnog probojnog projektila koji ima efikasan domet do 2000 m.

Analiza rezultata eksperimenata

Pomoću realizovanog programa–simulatora izvršeno je 10 eksperimenata u kojima je simulirano ukupno 100 000 iznenadnih sukoba tenkova T-1 i T-2. U simuliranim sukobima tenkovi su se kretali jedan drugom u susret, izlažući dejstvu glavnog oruđa protivnika svoje čeone površine, koje su najmanje i najbolje zaštićene.

U radu [4, 5] analiziran je učinak dejstva glavnog oruđa po protivničkom tenku, u zavisnosti od početnog rastojanja u sukobu i veličine borbenog kompleta BK_1 (broja raketa kojim raspolaže posada tenka T-1). Jedan od zaključaka bio je da postoje tri zone (slika 1): do 2000 m, gde u većem broju slučajeva prvi pogađa tenk T-2, od 2000 do 2500 m, gde dolazi do promene i od 2500 do 5000 m, gde sa povećanjem početnog rastojanja sve više dominira tenk T-1. Rezultati simulacionih eksperimenata ukazali su na to da na rastojanjima do 2000 m prednost u iznenadnom sukobu ima tenk T-2 naoružan klasičnim topom koji ispaljuje brze potkalibarne probojne projektile, a na rastojanjima od 2500 m do 5000 m tenk T-1, naoružan vođenim protivoklopnim raketama.

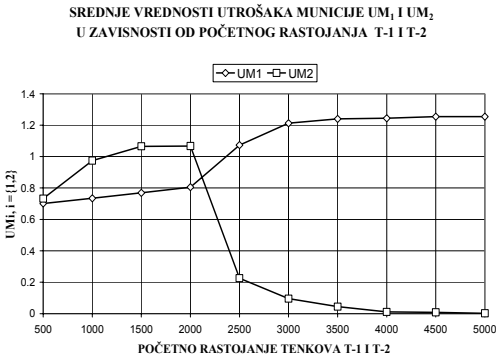
U ovom radu analiziraju se utrošci municije u sukobu tenkova iz borbenih kompleta glavnih oruđa OR-1 (UM_1, broj utrošenih protivoklopnih vođenih raketa) i OR-2 (UM_2, broj utrošenih potkalibarnih probojnih projektila). Rezultati eksperimenata prikazani su na slikama 7, 8 i 9, gde se razmatraju:

– srednje vrednosti utrošaka municije UM_1 i UM_2 u zavisnosti od početnog rastojanja (D_0) tenkova u sukobu T-1 i T-2;

– kumulativne raspodele utroška UM_1, za vrednosti $D_0 \in \{500, 2000, 2500, 5000\}$ metara;

– kumulativne raspodele utroška UM_2, za vrednosti $D_0 \in \{500, 2000, 2500, 5000\}$ metara.

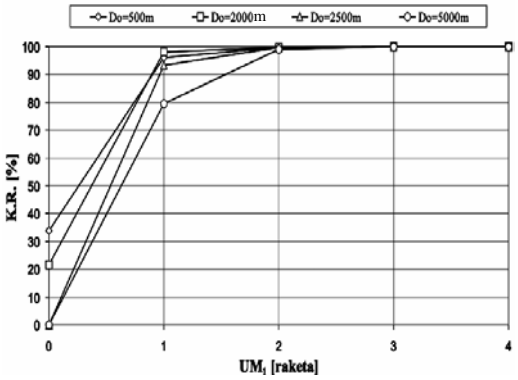
Na slici 7 prikazane su srednje vrednosti utrošaka municije UM_1 i UM_2, u zavisnosti od početnog rastojanja tenkova T-1 i T-2 u iznenadnom sukobu i veličine borbenog kompleta BK_1 koja u ovom razmatranju ima vrednost četiri protivoklopne vođene rakete. Srednja vrednost utroška protivoklopnih vođenih raketa (UM_1) stalno raste sa povećanjem početnog rastojanja tenkova D_0. U zoni početnih rastojanja D_0 od 500 m do 2000 m, srednja vrednost UM_1 sporo linearno raste od 0,701 do 0,805 raketa po su-



Sl. 7 – Srednje vrednosti utrošaka municije u zavisnosti od početnog rastojanja tenkova

kobu. U zoni promene, za D_0 od 2000 m do 2500 m, srednja vrednost UM_1 brže poraste do 1,073, a na većim početnim rastojanjima, do krajnjeg dometa raketa od 5000 m, UM_1 postepeno prelazi u zasićenje koje iznosi u proseku 1,254 rakete u sukobu.

Sa druge strane, srednja vrednost utroška potkalibarnih probojnih projektila (UM_2), za D_0 od 500 m do 1500 m, najpre nelinearno raste od 0,732 do svog maksimuma od 1,067 potkalibarnih projektila po sukobu, koji zadržava i dalje do $D_0 = 2000$ m, što je i granica efikasnog dometa oruđa OR-2. U zoni promene, do 2500 m, UM_2 naglo opada na

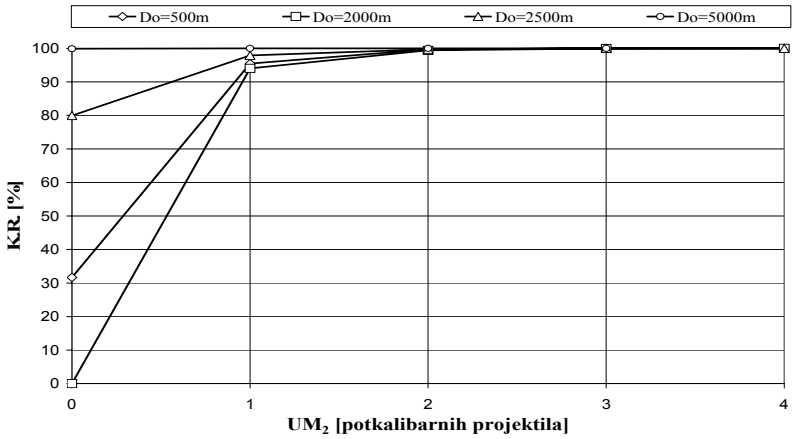


Sl. 8 – Kumulativne raspodele utroška raketa u zavisnosti od početnog rastojanja tenkova

0,225 projektila po sukobu. Sa daljim povećavanjem početnog rastojanja do $D_0 = 4000$ m, UM_2 opada do 0 (tenk T-2 nije uspeo da ispali ni jedan potkalibarni projektil u sukobu), koju vrednost zadržava i na svim većim razmatranim početnim rastojanjima do $D_0 = 5000$ m (granica efikasnog dometa oruđa OR-1).

Na slici 8 prikazane su kumulativne raspodele utroška municije UM_1, za vrednost borbenog kompleta $BK_1 = 4$ rakete, u zavisnosti početnog rastojanja tenkova T-1 i T-2 u iznenadnom sukobu. Na početnom rastojanju $D_0 = 500$ m u 33,97% sukoba, tenk T-1 ne uspeva da lansira raketu koja će uspešno da doleti do T-2. Kumulativna kriva raspodele UM_1 posle toga naglo poraste za $UM_1 = 1$ (96,19%), a zatim se neznatno povećava za $UM_1 = 2$ i 3, kada dostiže vrednost 100%. Na početnom rastojanju $D_0 = 2000$ m, procenat sukoba u kojima nije bilo uspešnog lansiranja rakete je 21,56%, zato što je vrednost $D_0 = 2000$ m već tolika da počinje da se povećava uticaj sporijih, ali preciznijih raketa na ishod sukoba. Kumulativna kriva raspodele UM_1 opet naglo poraste za $UM_1 = 1$ (98,08%), a zatim neznatno raste za $UM_1 = 2$, kada praktično dostiže 100%. Za $D_0 = 2500$ m više nema sukoba u kojima T-1 nije uspeo da lansira raketu koja je doletela do cilja. Skok kumulativne krive raspodele za $UM_1 = 1$ je i dalje nagao (93,4%), a zatim neznatno raste za $UM_1 = 2$ i 3 do 100%. Najzad, za $D_0 = 5000$ m nema sukoba u kojima T-1 nije uspeo da uspešno lansira raketu, a za kumulativne raspodele kriva raste sporije i sa zasićenjem $UM_1 = 1$, 2 i 3, kada dostiže 100%.

Na slici 9 prikazane su kumulativne raspodele utroška municije UM_2, za



Sl. 9 – Kumulativne raspodele utroška potkalibarnih projektila u zavisnosti od početnog rastojanja tenkova

vrednost borbenog kompleta BK_1= 4 rakete, u zavisnosti početnog rastojanja tenkova T-1 i T-2 u iznenadnom sukobu. Na početnom rastojanju D_0=500 m u 31,67% sukoba tenk T-2 ne uspeva da ispali nijedan potkalibarni projektil na T-1. Kumulativna kriva raspodele UM_2 posle toga naglo poraste za UM_2=1 (95,46%), a zatim se neznatno povećava za UM_2 = 2, kada dostiže vrednost 100%. Skok kumulativne krive raspodele za UM_2 = 1 je i dalje nagao (94,01%), a zatim neznatno raste za UM_2 = 2, kada praktično dostiže 100%. Na početnom rastojanju od D_0 = 2500 m tenk T-2 u 79,94% sukoba nije uspeo da ispali nijedan potkalibarni projektil na T-1. Zato sukob počinje izvan efikasnog dometa oruđa OR-2, a zbog preciznosti protivoklopnih vođenih raketa protivnika tenk T-2 ima malo prilike da dođe na rastojanje sa kojeg može da dejstvuje svojim brzim potkalibarnim projektilima. To je naročito uočljivo na početnom rastojanju D_0 = 5000 m, kada je kumulativna kriva UM_2 = 0 praktično u svih 100% sukoba, što znači da na velikim daljinama tenk T-1, naoružan protivoklopnim vođenim raketama, ima apsolutnu premoć.

Zaključak

Simulacioni model iznenadnog sukoba dva tenka realizovan je u jeziku GPSS World. U analizi rezultata 10 eksperimenata razmatrani su utrošci municije UM_1 i UM_2 glavnih oruđa tenkova T-1 i T-2, respektivno. Analiza rezultata eksperimenata ukazuje na to da izbor glavnog oruđa znatno utiče na verovatnoću prvog pogotka, odnosno ishod neočekivanog sukoba dva tenka.

Rezultati izvršenih eksperimenata pokazali su da su na minimalnom početnom rastojanju, od 500 m, utrošci municije, kao i verovatnoće prvog pogotka za obe vrste glavnog oruđa, približno iste. Kada se početno rastojanje u sukobu poveća, izdvajaju se tri zone.

U prvoj zoni, do 2000 m, tenk T-2 sa glavnim oruđem, iz kojeg se ispaljuju

klasični brzi nevođeni potkalibarni projektili, može da ispali više takvih projektila nego tenk T-1 vođenih raketa, pa ima i mnogo više izgleda za prvi pogodak, odnosno pobedu u iznenadnom sukobu.

Od granice dometa topa tenka T-2, na 2000 m, utrošak potkalibarnih projektila se drastično smanjuje, dok raste utrošak protivoklopnih vođenih raketa tenka T-1. Samim tim, sve više rastu i izgledi tenka T-1 na pobedu u iznenadnom sukobu.

Najzad, na većim daljinama, u zoni od 2500 do 5000 m, vođeni raketni projektili imaju apsolutnu prednost.

Ovakve rezultate trebalo bi imati u vidu pri donošenju odluka o tehničkim rešenjima u razvoju novih ili usavršavanju (modernizaciji) postojećih tenkova. Rezultate ovakvih eksperimenata trebalo bi razmatrati uporedo sa nameravanom upotrebom tenkova, jer prednosti otvaranja vatre na velikim daljinama, mogu da se iskoriste samo na zemljištu koje to omogućava (pustinja, velike nizije i sl.). Pravilan izbor glavnog oruđa može doneti velike uštede, kao i mogućnosti za poboljšanje ostalih podsistema tenka (komandno-informacioni sistem, pogon, zaštita, i sl.).

Pored toga, ovakvi simulatori mogu se upotrebiti i za simulaciju samih borbenih dejstava, što dolazi do izražaja pri obuci, planiranju, pa i stvaranju novih taktičkih načela borbene upotrebe složenih vojnih sistema.

Literatura:

[1] Janković, R.: Simulacioni model sukoba dve naoružane mobilne platforme, Zbornik radova simpozijuma YU INFO 2001, Kopaonik, 2001.

[2] Janković, R.: Osnovni mehanizmi za simulaciju sukoba dve naoružane mobilne platforme, Zbornik radova simpozijuma YU INFO 2001, Kopaonik, 2002.

[3] Janković, R.: Simulacija uticaja oruđa na sukob dve naoružane mobilne platforme, Zbornik radova XXIX jugoslovenskog simpozijuma o operacionim istraživanjima SYM-OP-IS 2002, Tara, 2002.

[4] Janković, R.: Simulacija uticaja glavnog oruđa na pouzdanost prvog pogotka u neočekivanom sukobu tenkova, Zbornik radova 6. međunarodne konferencije upravljanje kvalitetom i pouzdanonošću DQM-2003, Beograd, 2003.

[5] Janković, R.: Simulacija učinka dejstva glavnog oruđa po protivničkom tenku, Zbornik radova XXX jugoslovenskog simpozijuma o operacionim istraživanjima SYM-OP-IS 2003, Herceg Novi, 2003.

[6] Minuteman Software: GPSS world reference manual, www.minutemansoftware.com

Dr Miljko Erić,
pukovnik, dipl. inž.
dr Aleksandar Kostić,
pukovnik, dipl. inž.
Vojnotehnički institut,
Beograd

NADZOR VAZDUŠNOG PROSTORA PASIVNIM MULTISENZORSKIM SISTEMIMA

UDC: 355.469.7 : 621.396.663

Rezime:

Za sprovođenje savremenih operacija, kako na operativno-strategijskom, tako i na taktičkom nivou, izuzetno je važno da se obezbedi kontinuirani nadzor vazdušnog prostora. Poznato je da su aktivni radarski sistemi, na kojima se kod nas trenutno zasniva nadzor vazdušnog prostora, u ratnim uslovima veoma ranjivi i podložni elektronskim i borbenim dejstvima protivnika, što je u toku rata 1999. godine i praktično potvrđeno. Kao alternativa aktivnim radarskim sistemima nameće se koncept pasivnog nadzora vazdušnog prostora korišćenjem distribuiranih multisenzorskih sistema. Predmet širih istraživanja predstavljaju tehnička rešenja integrisanog multisenzorskog sistema za pasivan nadzor vazdušnog prostora, koji se sastoji od sledećih podsistema za nadzor vazdušnog prostora: na radio-gonimetarskom principu u frekvencijskom opsegu 20–3000 MHz, na zvukometrijskom principu, na principu vizuelnih osmatračkih stanica, na termovizijskom i televizijskom principu. U ovom radu analizirani su opšti principi pasivnog nadzora vazdušnog prostora multisenzorskim sistemima i predložena je tehnička koncepcija radio-goniometarskog i zvukometrijskog podsistema.

Ključne reči: nadzor vazdušnog prostora, radio izviđanje, radio-goniometrisanje, radio-tehničko izviđanje, zvukometrija, MUSIC metoda.

AIR SURVEILLANCE BY PASIVE MULTISENSOR SYSTEMS

Summary:

It is very important to provide continuous air surveillance in to realize modern operations on the operational-strategic level and tactical, as well. It is well known that active radar systems, on which air surveillance is based in our country, are very vulnerable in war times and susceptible to the electronic counter and combat attacks of the enemy, what is shown practically in 1999 war. Air surveillance by passive multi-sensor systems is a possible alternative to the air surveillance by the active radar systems. Subjects of our wider research are technical solutions of integrated multi-sensor systems for passive air surveillance which consists of the following subsystems: a subsystem for the air communication intelligence within the frequency range 20–3000 MHz based on intercept/direction finding principle, a subsystem for the air surveillance based on the acoustic intelligence, a subsystem for the air surveillance based on the station for the visual intelligence, a subsystem for air surveillance based on thermo-vision and television principle. General principles of air surveillance are presented, and the concepts of the subsystems for the air communication intelligence and acoustic intelligence are proposed in this paper.

Key words: air surveillance, communication inteligence, direction finding, acoustic inteligence, MUSIC method.

Uvod

Nadzor vazdušnog prostora (Air Surrveilance) važna je delatnost za svaku državu i ima pored civilnog i vojni – bezbednosni značaj. Pod nadzorom vazdušnog prostora podrazumeva se obezbeđenje i upotreba informacija o objektima u vazdušnom prostoru radi sigurnog upravljanja vazdušnim saobraćajem civilnih i

vojnih vazduhoplova i obezbeđenja suvereniteta vazdušnog prostora države. Obezbeđuje sigurno razdvajanje i brzo sekvenciranje vazdušnog saobraćaja, nadzor na prilazima i granicama kao i na teritoriji države radi sprečavanja neovlašćenog, namernog ili nenamernog narušavanja bezbednosti vlastitog vazdušnog prostora. Nadzor vazdušnog prostora obuhvata: detekciju, utvrđivanje pozicije određivanjem koordinata letelice u prostoru (visina leta ili nivo leta, geografska dužina i širina, odnosno x i y koordinate u zadatom koordinatnom sistemu), određivanje identifikacione kategorije letelice i upravljanje vazdušnim saobraćajem.

Za realizaciju nadzora vazdušnog prostora većina država ima jedinstveni distribuirani sistem nadzora koji omogućava realizaciju navedenih procesa i funkcija. U miru, nadzor vazdušnog prostora vrši se primenom aktivnih radarskih sistema (primarnih i sekundarnih) i odgovarajućim računarskim sistemima za obradu, prikazivanje i telekomunikacionim sistemima za distribuciju podataka o situaciji u vazdušnom prostoru.

U ratu sistem za nadzor vazdušnog prostora postaje deo sistema za vođenje elektronskog rata. Radi preduzimanja pravovremenih odbrambenih i zaštitnih mera u ratu i kriznim situacijama, sistem za nadzor vazdušnog prostora treba da na strategijskom nivou obezbedi pravovremene informacije o narušavanju vazdušnog prostora od strane potencijalnog protivnika otkrivanjem – detekcijom, praćenjem, lociranjem i identifikacijom letelica protivnika izvan i iznad teritorije države. Na taktičkom nivou sistem treba da omogući neophodnu akviziciju za upravljanje vatrenim sistemima u protivvazdušnoj odbrani, kao i stvaranje elektronske slike bojišta (EOB – Electronic Order of Battle), na osnovu kojih se preduzimaju defanzivne mere zaštite ili ofanzivne elektronske ili borbene protivmere kao što je navođenje lovačke avijacije i upravljanje raketnim sistemima oružja u sistemu PVO.

Poznato je da su aktivni radarski sistemi, na kojima se kod nas zasniva sistem nadzora vazdušnog prostora, u ratnim uslovima veoma ranjivi i podložni elektronskim i protivelektronskim borbenim dejstvima protivnika, što je u toku rata 1999. godine i potvrđeno. Kao alternativa aktivnim radarskim sistemima nameće se koncept nadzora vazdušnog prostora primenom distribuiranih pasivnih senzorskih sistema. Mogućnost nadzora vazdušnog prostora na pasivnom multisenzorskom principu proističe iz činjenice da vazduhoplovi emituju (ili reflektuju) energiju u elektromagnetskom, vidljivom i infracrvenom delu spektra, a takođe u toku leta generišu akustičke signale na osnovu kojih se mogu detektovati. Daljina na kojoj se vazduhoplov može otkriti zavisi od udaljenosti, snage emitovanog zračenja, radarske refleksne površine, osetljivosti prijemnih senzora, uslova propagacije, uslova optičke vidljivosti, itd.

Osnovna prednost pasivnog principa nadzora vazdušnog prostora, u odnosu na aktivni princip koji se zasniva na korišćenju aktivnih radarskih sistema, je u tome što pasivni senzori ne predstavljaju izvore elektromagnetskog zračenja koje kompromituje njihovu poziciju i rad, čime se protivniku smanjuje mogućnost za preduzimanje efikasnih elektronskih i borbenih protivmera, što je izuzetno značajno u ratnim i kriznim situacijama.

Pasivan princip nameće i određena ograničenja. Otkrivanje – detekcija, lociranje, praćenje i identifikacija vazduhoplova na pasivnom principu moguća je samo onda kada se vazduhoplov nađe na dovoljnoj udaljenosti sa koje se može detektovati elektromagnetska ili akustička energija koju vazduhoplov emituje u toku leta. Takođe, da bi se omogućilo lociranje odnosno praćenje trajektorije vazduhoplova, neophodno je da pasivni sistem bude distribuiran, što znači da su za određivanje lokacije na bilo kom pasivnom principu potrebni podaci sa više prostorno distribuiranih stanica, za razliku od aktivnih radarskih sistema gde se jednim radarom može odrediti smer i udaljenost (lokacija) vazduhoplova.

U svetu su razvijeni i nalaze se u operativnoj upotrebi sistemi za nadzor vazdušnog prostora na pasivnom multisenzorskom principu. Takođe, razvijen je *„MULTI-SENSOR GRIDS“* koncept koji podrazumeva primenu svih vrsta aktivnih i pasivnih senzora radi obezbeđenja simultanog nadzora kompletnog vojišta u geografskom smislu, a ne samo vazdušnog prostora, što podrazumeva: nadzor pod morem, na moru, na kopnu, u vazdušnom prostoru i kosmosu. U posebnim multisenzorskim operativnim centrima vrši se fuzija podataka dobijenih iz različitih pasivnih sistema sa podacima dobijenim od radarskih sistema. Na ovaj način stvara se integralna slika vojišta u pogledu rasporeda snaga i sredstava, kao i u elektronskom smislu tj. u smislu zauzetosti i korišćenja elektromagnetskog spektra.

U miru bi se nadzor vazdušnog prostora i dalje dominantno zasnivao na primeni aktivnih radarskih sistema. U ratu nadzor vazdušnog prostora primarno bi se zasnivao na korišćenju pasivnih sistema, s tim što bi se aktivni sistemi uključivali samo povremeno i veoma kratko (par sekundi) i to radi potvrde slike stanja u vazdušnom prostoru koja je dobijena multisenzorskim pasivnim sistemima.

Podsistem za pasivan nadzor vazdušnog prostora na radio-goniometarskom principu u frekvencijskom opsegu 20–3000 MHz

Tehnička koncepcija podsistema za nadzor vazdušnog prostora na radio-goniometarskom principu zasniva se na ostvarenim rezultatima i tehničkim rešenjima koja su razrađena i verifikovana kroz prototipski razvoj radio-goniometara za VFF/UVF opseg 20–500 MHz koji je razvijen u VTI i usvojen u NVO pod nazivom RGK-2/3, kao i na iskustvima u primeni tog prototipa u toku rata 1999. godine.

Vazduhoplovi kao izvori elektromagnetskog zračenja

Vazduhoplovi, kao izuzetno složeni i skupi tehnički sistemi, kada su u vazdušnom prostoru, uvek su deo još složenijeg tehničkog sistema u okviru kojeg postoji potreba za razmenom komandi i informacija (komunikacija sa kontrolom leta, sa komandnim centrima na zemlji i u vazdušnom prostoru, između vazduhoplova, sa elementima na zemlji na operativnom i taktičkom nivou itd.) pri čemu se, zbog mobilnosti vazduhoplova, ona ostvaruje korišćenjem tehnike radio-komunikacija. Pri tome, jasno je da je potreba za korišće-

njem navedenih sredstava u korelaciji sa složenošću i cenom vazduhoplova. Komunikacijom se razmenjuju navigacioni, meteorološki i izviđački podaci, analogni i digitalizovani govor, video-signal. Tehnike prenosa koje se koriste su: AM modulacija (analogni govor), frekvencijsko skakanje, direktna sekvenca, hibridne tehnike (frekvencijsko skakanje + direktna sekvenca), FM, FSK. U pogledu raspodele korisničkih kanala koriste se FDMA, TDMA i CDMA koncepti. Pojedini frekvencijski opsezi su standardizovani za vazduhoplovne radio-komunikacije (npr. 110–157 MHz, 225–400 MHz). Pored toga za vazduhoplovne komunikacije taktičke namene koristi se i opseg 30–88 MHz. Za veze sa udaljenim komandnim centrima koristi se i VF opseg od 2–30 MHz. Pri uskopojasnom single carrier prenosu tipične širine kanala su 3 i 25 kHz.

Uređaji za identifikaciju (IFF – Identification Friend or Foe) predstavljaju poseban podsistem i na civilnim i na vojnim vazduhoplovima. On omogućava na aktivnom ili poluaktivnom principu identifikaciju vazduhoplova od strane kontrole leta, zemaljskih borbenih sistema na taktičkom nivou, vlastitih sistema za nadzor vazdušnog prostora, kao i vlastitih vazduhoplova. Za IFF sisteme standardizovane su i koriste se dve frekvencije i to 1030 i 1090 MHz.

Vazduhoplovi vojne borbene namene opremljeni su različitim aktivnim radarskim sistemima za akviziciju i praćenje ciljeva u vazdušnom prostoru, kao sistemima za aktivno vođenje raketa malog, srednjeg i velikog dometa, o čemu u ovom radu neće biti detaljnije reči.

Korišćenjem komunikacionih, navigacionih, radarskih uređaja, uređaja za identifikaciju i aktivno navođenje, vazduhoplovi posredno postaju izvor elektromagnetskog zračenja na osnovu kojeg se na pasivnom principu mogu otkriti u vazdušnom prostoru.

Koncept podsistema za pasivan nadzor vazdušnog prostora na radio-goniometarskom principu

Podsistem za pasivan nadzor vazdušnog prostora na radio-goniometarskom principu treba da omogući otkrivanje – detekciju vazduhoplova sa verovatnoćom bliskoj jedinici, njihovo lociranje i praćenje trajektorije u 3-D vazdušnom prostoru na bazi prijema i analize radio-signala koji potiče od izvora elektromagnetskog zračenja na vazduhoplovu. Podsistem se sastoji od više prostorno dislociranih radio-goniometarskih stanica koje su uvezane komunikacionim linkovima u jedinstvenu radio-goniometarsku mrežu.

U oblasti teorije i prakse elektronskog rata uobičajeno je da se izviđanje izvora elektromagnetskog zračenja koje potiče od komunikacionih uređaja svrstava u COMINT – COMmunication INTeligence, dok se izviđanje svih drugih izvora elektromagnetskog zračenja (radari, sistemi za identifikaciju i drugi elektronski sistemi) svrstava u ELINT (ELectronic INTeligence) sisteme. U praksi se zasebno realizuju COMINT a zasebno ELINT sistemi, pri čemu se fuzija informacija koje se dobijaju od jednog i drugog sistema vrši na višoj hijerarhijskoj ravni u upravljačkim C4I stanicama.

U svetu se nalaze u upotrebi sistemi za pasivni nadzor vazdušnog prostora na principu izviđanja izvora elektromagnetskog zračenja koje se emituje sa vazdu-

hoplova, koji pokrivaju frekvencijski opseg od 200 MHz do 18 GHz i obezbeđuju otkrivanje letelica na daljini do 500 km (npr. sistem VEGA i TAMARA). Ovi sistemi su tipa ELINT stanica i primarno su namenjeni za radio-tehničko izviđanje, odnosno za izviđanje radara koji se koriste na vazduhoplovu.

U frekvencijskom opsegu od 20 MHz do 3000 MHz, koji je od posebnog interesa sa aspekta nadzora vazdušnog prostora, preklapaju se frekvencijski opsezi rada COMINT i ELINT sistema, s obzirom da se ovaj frekvencijski opseg koristi za komunikacije, za radare i za IFF sisteme.

Frekvencijski opseg ELINT sistema tipično je od 500 MHz do 18 GHz. Tehnička koncepcija ELINT sistema i stanica, tehnička rešenja antenskog i prijemnog sistema kao i algoritmi za obradu signala optimizovani su za efikasno presretanje i izviđanje radarskih signala. S druge strane, za frekvencijski opseg 20–3000 MHz opciono (2–3000 MHz) u svetu se rade COMINT sistemi koji se sastoje od više širokopojasnih intercept/DF stanica uvezanih u mrežu, koje se po svojoj tehničkoj koncepciji približavaju tehničkoj koncepciji ELINT stanica jer su optimizovane za efikasno automatsko presretanje komunikacionih radio-signala. Ove stanice omogućavaju određivanje azimuta za prostorni sektor po elevaciji tipično ±10° najviše ±25°. Ovo ograničenje proističe iz primenjenih metoda za goniometrisanje (najčešće se koristi interferometarska ili metoda korelacione interferometrije). Iz navedenih razloga ove stanice se ne mogu primeniti za otkrivanje vazduhoplova u čitavom 3-D prostornom sektoru koji je od interesa.

Na osnovu dosadašnjeg teorijskog i praktičnog iskustva, vlastitih rezultata istraživanja i razvoja radio-goniometra RGK–2/3, iskustava stečenih u njegovoj primeni za vreme rata 1999. godine kao i iskustva u operativnoj upotrebi postojećih sistema za nadzor vazdušnog prostora, došlo se do saznanja da je u frekvencijskom opsegu 20 MHz do 3 GHz tehnički moguće i taktički opravdano da se funkcije COMINT i ELINT stanica integrišu u jedinstvenu radio-goniometarsku stanicu tipa SIGINT koja omogućava otkrivanje – detekciju, procenu smera detektovanih signala (azimuta i elevacije) u 3-D prostoru, procenu parametara detektovanih signala, praćenje izvora signala po smeru, kao i prepoznavanje i identifikaciju svih izvora elektromagnetskog zračenja (komunikacionih, radarskih, navigacionih, IFF). U takvoj radio-goniometarskoj stanici tipa SIGINT bile bi integrisane i klasične funkcije COMINT stanica (analiza, prepoznavanje, prijem i praćenje komunikacionih signala). Integracijom funkcija COMINT-a i ELINT-a u istoj stanici, kroz fuziju podataka do kojih se dolazi kroz COMINT i ELINT funkcije, omogućava se pouzdanije otkrivanje i identifikacija letelica u vazdušnom prostoru.

Generički model radio-goniometarske stanice za nadzor vazdušnog prostora na pasivnom principu na bazi metode MUSIC

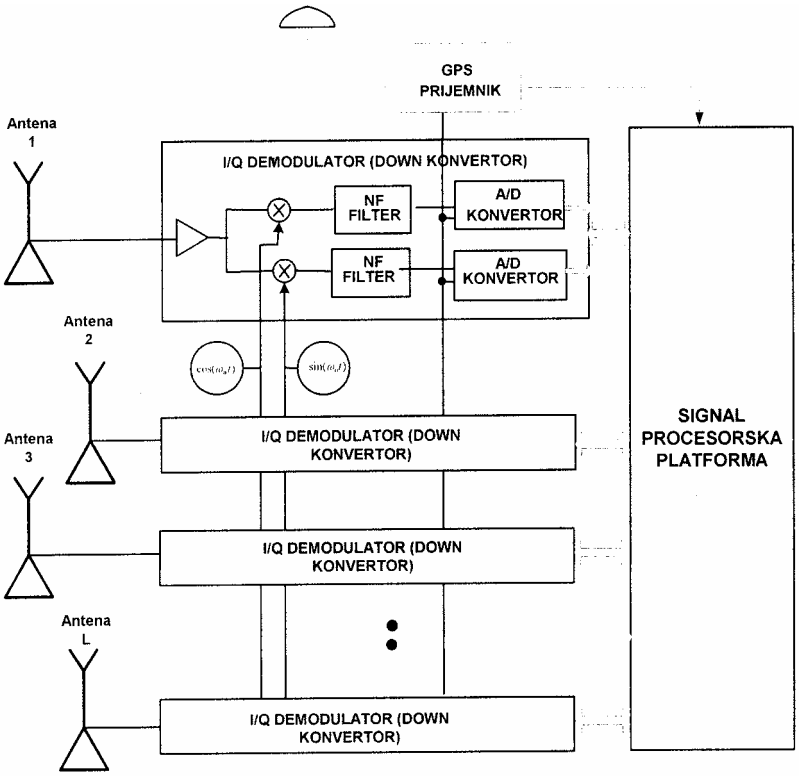
Osnovni zahtev koji se postavlja pred radio-goniometarsku stanicu tipa SIGINT za pasivan nadzor vazdušnog prostora, je da verovatnoća presretanja signala u zadatom frekvencijskom opse-

gu i zadatom 3-D prostornom sektoru (klasični uskopojasni, radarski, signali sa frekvencijskim skakanjem) bude što bliža jedinici. Da bi se to obezbedilo, potrebno je da radio-goniometarske stanice za nadzor vazdušnog prostora budu tipa širokopojasnih intercept/DF stanica koje vrše prostorno-vremensko-frekvencijsku analizu signala u zadatom 3-D prostornom sektoru i zadatom frekvencijskom opsegu. Presretanje signala sa frekvencijskim skakanjem predstavlja vršni zahtev u pogledu performansi ove stanice.

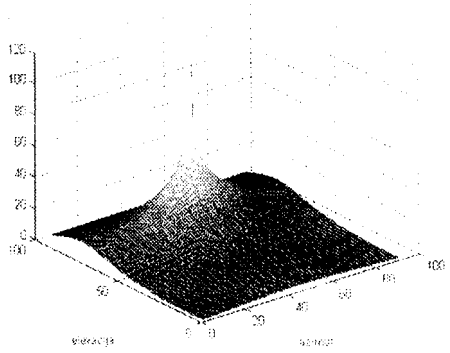
Problem nadzora vazdušnog prostora na pasivnom radio-goniometarskom principu može se, u tehničkom smislu, formulisati kao problem prostorno-vremensko-frekvencijske analize superponiranih signala koji potiču od aktivnih emitera elektromagnetskog zračenja u zadatom frekvencijskom opsegu i zadatom 3-D prostornom sektoru. Kroz dosadašnja istraživanja formulisan je i praktično verifikovan generalizovani prostorno-vremensko-frekvencijski model superpozicije radio-signala u zadatom prostornom sektoru, frekvencijskom opsegu i vremenskom intervalu. Modelom su takođe obuhvaćene i tehnike prenosa u proširenom spektru (spread spectrum tehnike – frekvencijsko skakanje i direktna sekvenca). Predloženi matematički model je primenjiv za modeliranje svih tipova COMINT i ELINT signala koji se emituju sa vazduhoplovnih platformi. Navedeni model bio je osnovica za razradu tehničkih rešenja radio-goniometra za VVF/UVF opseg i praktično je verifikovan kroz ispitivanja prototipa ovog goniometra.

Iz takvog matematičkog modela proističe koncepcija generičkog modela radio-goniometarske stanice tipa SIGINT za nadzor vazdušnog prostora, koja je prikazana na slici 1. Model stanice sastoji se od antenskog niza, višekanalnog prijemnog sistema i signal procesorske platforme na kojoj se softverski implementiraju algoritmi za detekciju, procenu smera i procenu parametara primljenih signala. Procena parametara generalizovanog modela vrši se na bazi metode MUSIC (MUltiple SIgnal Clasification).

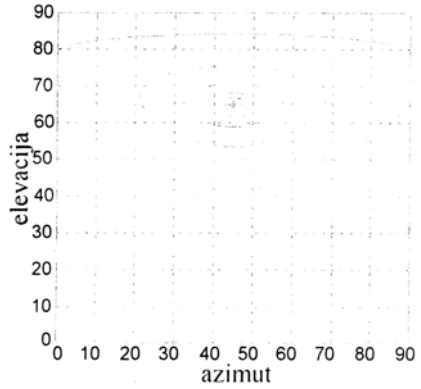
Kroz dosadašnje istraživačko-razvojne projekte u VTI, a posebno kroz razvoj radio-goniometra RGK-2/3, stečena su bogata teorijska i praktična iskustva vezana za metodu MUSIC. Tehničko rešenje za procenu smera u goniometru RGK-2/3 zasniva se na primeni ove metode. U sklopu vlastitih istraživanja autora razvijeno je više originalnih algoritama MUSIC tipa koji omogućavaju procenu parametara multikorisničkih spread spectrum signala sa direktnom sekvencom i frekvencijskim skakanjem. MUSIC je visokorezoluciona metoda koja je izvorno formulisana u prostornom domenu kao metoda za procenu smera dolaska superponiranih signala. Omogućava procenu smerova dolaska više superponiranih signala koji se preklapaju vremenski i spektralno, što klasične metode za goniometrisanje ne omogućavaju. To praktično znači da je proces procene smera otporan na ometanje sve dok ukupan broj superponiranih signala koji se preklapaju vremenski i spektralno ne postane jednak broju antena u antenskom nizu. U ovom radu dati su neki primeri koji ilustruju karakteristike metode MUSIC. Na slici 2 dat je 3-D prikaz a na slici 3 konturni prikaz procene azimuta i elevacije dolaska signala primenom metode MUSIC dobijen simulacijom.



Sl. 1 – Generički model radio-goniometarske stanice za nadzor vazdušnog prostora

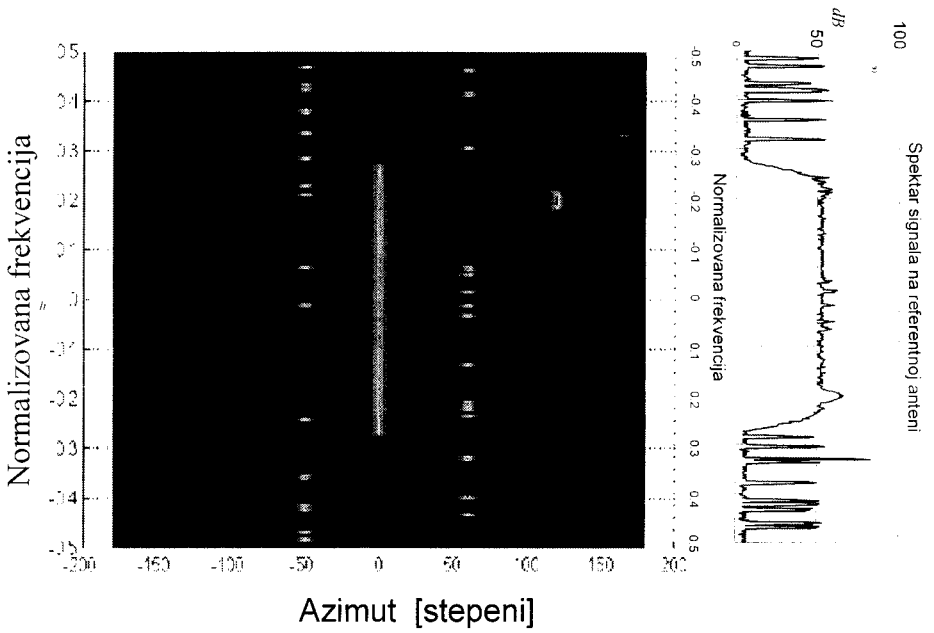


Sl. 2 – Procena azimuta i elevacije metodom MUSIC



Sl. 3 – Kontura procene azimuta i elevacije metodom MUSIC

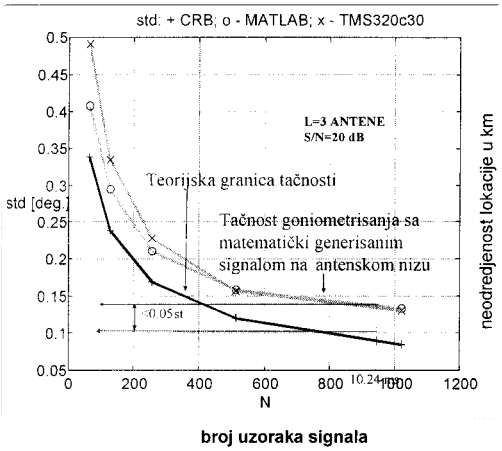
Na slici 4 prikazani su rezultati prostorno-frekvencijske analize superponiranih radio-signala dobijenih primenom metode MUSIC. U zadatom frekvencijskom opsegu širine 6,4 MHz aktivna su dva signala sa frekvencijskim skakanjem, jedan širokopojasni signal koji simulira ometajući signal baražnog tipa i jedan



Sl. 4 – Procena smerova dolaska signala metodom MUSIC u prostorno-frekvencijskom domenu

harmonijski nosilac. Sa slike se vidi da se na bazi prostorno-frekvencijske analize primenom metode MUSIC svi izbori mogu detektovati u prostorno-frekvencijskoj ravni u uslovima kada se signali preklapaju vremenski i spektralno. Na osnovu diskretnih tragova u prostorno-frekvencijskom domenu jasno se mogu identifikovati signali sa frekvencijskim skakanjem. Po kriterijumu smera dolaska vrši se razvrstavanje hopova različitih hopera što nije moguće uraditi u vremensko-frekvencijskom domenu, odnosno primenom klasičnih goniometara.

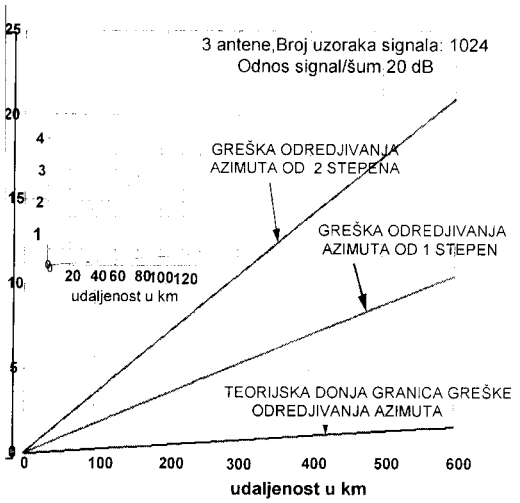
Sistemski parametar od suštinskog značaja za primenu metode MUSIC u radio-goniometarskoj stanici za nadzor vazdušnog prostora vezan je za tačnost određivanja smera ovom metodom. Na slici 5 dat je uporedni prikaz teorijske (Cramer-Raove) granice za standardnu devijaciju greške procene azimuta i standard-



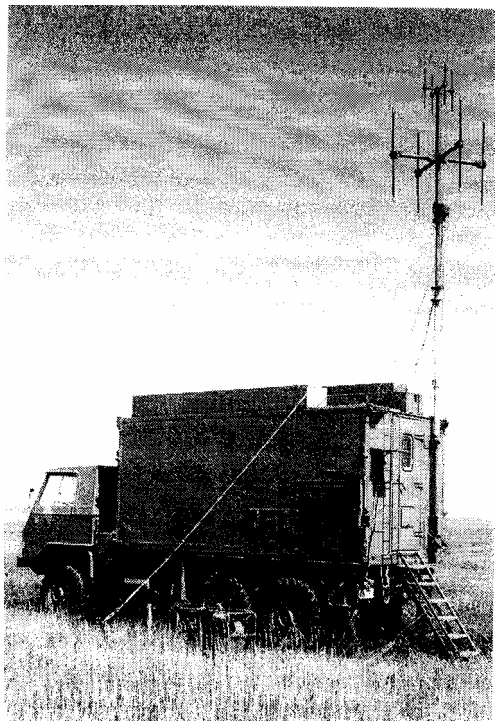
Sl. 5 – Uporedni prikaz teorijske Cramer-Raove granice za grešku procene i greške procene pri implementaciji metode MUSIC u MATLAB-u i signal-procesoru TMS320c30

ne devijacije greške procene smera metodom MUSIC implementirane u MATLAB-u i na signal procesoru TMS-320c30 u prototipu radio-goniometra

RGK-2/3. Vidi se da za slučaj tri antene, za odnos signal/šum od 20 dB i za 1024 uzorka signala (10,24 ms) teorijska granica tačnosti određivanja azimuta je ispod 0,1°. Implementacijom metode MUSIC na signal procesoru u istim uslovima, tačnost se degradira za oko 0,05°. Kroz praktičnu realizaciju metode MUSIC došlo se do saznanja da pri praktičnoj realizaciji metode MUSIC potencijalne performanse ove metode najviše degradiraju nesavršenosti prijemnog i antenskog sistema. Na slici 6 dat je prikaz neodređenosti lokacije emitera u funkciji udaljenosti i greške određivanja smera. Pri teorijskoj Cramer-Raovoj granici greške određivanja smera, na udaljenosti od 120 km, neodređenost lokacije je manja od 500 metara. Povećanjem broja antena u antenskom nizu, kao i povećanjem električnog otvora antenskog niza, može se postići zahtevana tačnost određivanja smera.



Sl. 6 – Neodređenost lokacije u funkciji udaljenosti i greške u proceni azimuta



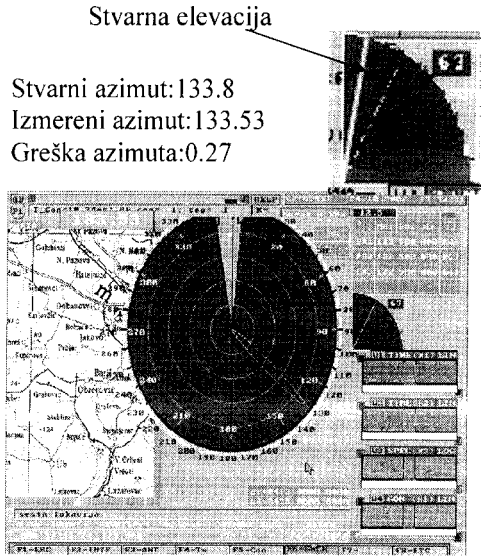
Sl. 7 – Prototip RGK-2/3

Praktična iskustva u goniometrisanju vazduhoplovnih komunikacija goniometrom RGK-2/3

U Vojnotehničkom institutu u periodu 1996–2000. godine obavljen je prototipski razvoj radio-goniometra za VVF/UVF, opseg 20–500 MHz, u okviru kojeg je izrađen i u realnim terenskim uslovima ispitan prototip radio-goniometra, koji je usvojen u NVO pod nazivom RGK-2/3. Na slici 7 prikazan je izgled prototipa radio-goniometra, [4]. Da bi mogao da se primeni za određivanje azimuta predajnika sa elevacijom postavljenom na vazduhoplovima, doradom softvera realizovana je mogućnost određivanja elevacije. Polazeći od navedenih iskustava radi kompletnog sagledavanja mogućnosti primene tehničkih rešenja radio-goniometra za nadzor vazdušnog

prostora, izvršeno je ispitivanje tačnosti određivanja azimuta za predajnik sa elevacijom i ispitivanje daljine otkrivanja vazduhoplova goniometrisanjem predajnika na vazduhoplovu.

Na slici 8 prikazan je snimak procene azimuta i elevacije koji je dobijen goniometrisanjem radio-predajnika na helikopteru, pri čemu su stvarni azimut i elevacija helikoptera određivani na bazi podataka o poziciji helikoptera dobijenih od GPS prijemnika.



Sl. 8 – Snimak procene azimuta predajnika sa elevacijom postavljenog na helikopteru

Predlog strukture podsistema za nadzor vazdušnog prostora na radio-goniometarskom principu

Podsistem za nadzor vazdušnog prostora na radio-goniometarskom principu sastoji se od više stanica koje se prostorno dislociraju i koje su komunikacionim linkovima uvezane u jedinstvenu goniometarsku mrežu. Stanice se realizuju tako da svaka od njih može da bude upravljačka u goniometarskoj mreži. Određivanje lokacije u 3-D prostoru bi se vršilo na dva principa i to: triangulacijom smerova dolaska signala i presecanjem hiperpovršina koje povezuju skup tačaka u 3-D prostoru sa istim relativnim vremenskim kašnjenjem signala između parova stanica. U prvom slučaju, za što tačniju procenu lokacije potrebna je što tačnija procena smera dolaska signala na svakoj od stanica. U drugom slučaju potrebna je veoma precizna vremenska sinhronizacija stanica.

U oba slučaja potrebno je precizno određivanje vlastitih lokacija stanica, kao i prostorni razmeštaj stanica kojim se obezbeđuje optimalna goniometarska osnovica za triangulaciju. U istim uslovima, princip lociranja na bazi merenja relativnog vremenskog kašnjenja ima bolje potencijalne performanse, ne zahteva posebnu kalibraciju višekanalnog prijemnog sistema, ali je osetljiviji s obzirom na istokanalnu interferenciju i zahteva moćnije komunikacione linkove.

Da bi se smanjio informacioni protok između stanica, na nivou svake stanice se vrši filtriranje podataka o procenjenim parametrima signala po nekom od definisanih kriterijuma kao što su frekvencija, prostorni sektor, parametri modulacije, impulsna frekvencija i sl.

Sistem za nadzor vazdušnog prostora na pasivnom principu bi se sastojao od podsistema strategijske i više podsistema operativno-taktičke namene koji bi bili uvezani u jedinstvenu mrežu. Stanice podsistema strategijske namene bi se razmeštale na pogodne lokacije za polustacionarni ili stacionarni rad. Ovaj podsistem bi omogućio nadzor vazdušnog prostora na strategijskoj dubini. Predlog

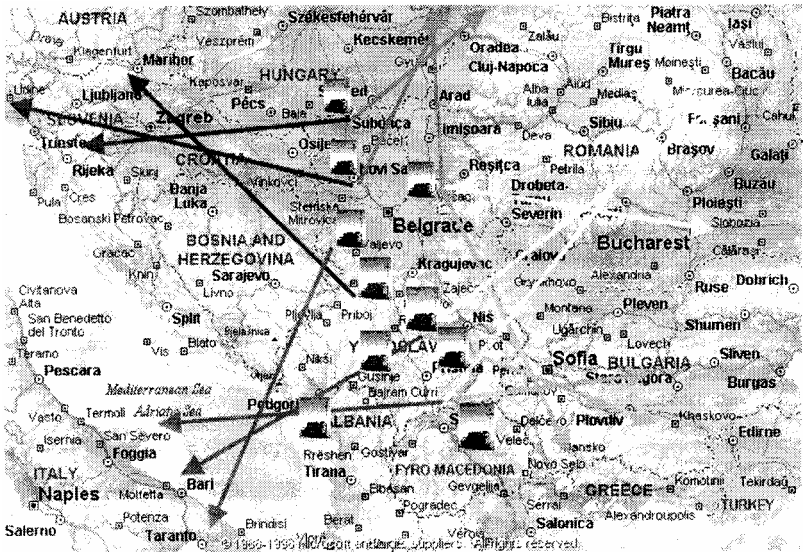
strukture podsistema strategijske namene prikazan je na slici 9.

Podsistem operativno-taktičke namene bi omogućio nadzor vazdušnog prostora iznad vlastite teritorije tipično 100 × 100 km. Ovaj podsistem bio bi prevashodno optimizovan za što preciznije određivanje lokacije i praćenje trajektorije letelica. Stanice ovog podsistema obavljale bi funkciju u stacionarnim, polustacionarnim i mobilnim uslovima.

Komunikacije između elemenata sistema predstavljaju izuzetno delikatan segment sistema, zbog toga što svojim radom mogu da demaskiraju rad sistema koji je pasivan. U tom smislu, povezivanje stanica u okviru strategijskog podsistema najbolje je izvesti na bazi optičkog kabla, koji pored zaštite od izviđanja i ometanja omogućava i velike brzine prenosa koje su neophodne za povezivanje ovih stanica. Stanice u podsistemu operativno-taktičke namene, zbog zahteva za mobilnost, povezuju se u bežičnu radiomrežu koja se zasniva na korišćenju neke od tehnika radio-prenosa koja je otporna na izviđanje i ometanje.

Sprega podsistema za nadzor vazdušnog prostora na radio-goniometarskom principu sa podsistemom za radio-tehničko izviđanje

Podsistem za nadzor vazdušnog prostora na radio-goniometarskom principu treba da bude funkcionalno integrisan i jedinstven sa sistemom za radio-tehničko izviđanje, i to na nivou stanica i na nivou sistema. Fuzijom informacija koje se dobijaju na radio-goniometarskim stanicama i stanicama za radio-tehničko izviđanje, omogućava se stvaranje potpune elektromagnetske slike vazduhoplova na pasivnom principu i omogućava se njegovo pouzdanije otkrivanje i identifikacija.



Sl. 9 – Struktura sistema za nadzor vazdušnog prostora na radio-goniometarskom principu na operativno-strategijskom nivou

Podsistem za nadzor vazdušnog prostora na zvukometrijskom principu

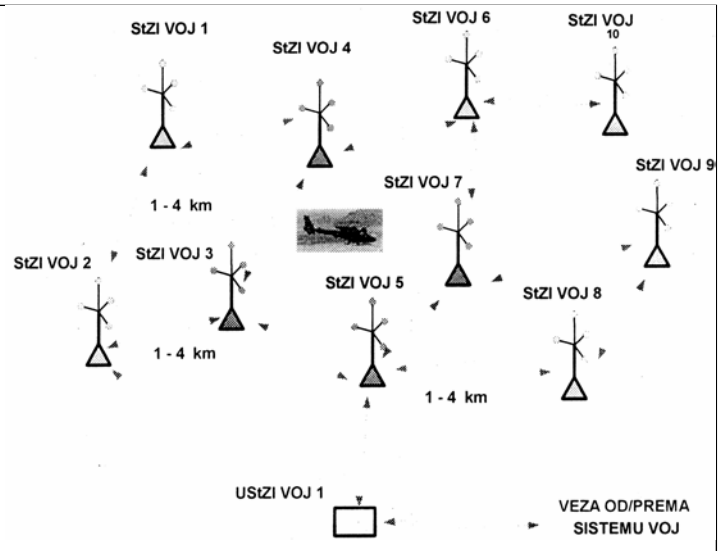
Podsistem za nadzor vazdušnog prostora na zvukometrijskom principu predstavlja jedan od perspektivnih elemenata integrisanog multisenzorskog sistema za pasivan nadzor vazdušnog prostora. Ovaj princip je posebno interesantan zbog činjenice da vazduhoplovi u toku leta emituju akustičke signale koji se teško mogu sakriti ili maskirati. Do sada kod nas nisu vršena istraživanja u ovoj oblasti, ali je, na osnovu dostupne literature poznato da se u svetu rade intenzivna istraživanja. Prema raspoloživim informacijama u Army Research Laboratory – SAD (tehnički institut oružanih snaga SAD) postoji istraživački projekat iz ove oblasti. Takođe, vrše se usavršavanja sistema „HALO“ (sistem je razvijen u Engleskoj u „Roke Manor Research“ kompaniji za potrebe lociranja artiljerijskih oruđa na zvukometrijskom principu) koja treba da omoguće primenu ovog sistema za otkrivanje i lociranje helikoptera i radarski nevidljivih vazduhoplova na zvukometrijskom principu.

Na osnovu do sada obavljenih analiza snimljenih akustičkih signala, može se zaključiti da vazduhoplovi u toku leta generišu akustički signal u infrazvučnom i čujnom delu spektra. Iz literature je poznato da infrazvuk ima daleko manje slabljenje pri propagaciji od čujnog dela spektra, i da se na bazi infrazvuka može vršiti detekcija vazduhoplova na udaljenostima od par stotina kilometara.

Međutim, procenjuje se da je prava perspektiva primene zvukometrije u pasivnom nadzoru vazdušnog prostora vezana za pokrivanje teritorije koja se nalazi u radarskim maskama aktivnih radarskih sistema, pri čemu se pod pokrivanjem podrazumevaju procesi detekcije – otkrivanja, određivanja koordinata, praćenje trajektorije i automatska identifikacija vazduhoplova koji lete podzvučnom brzinom i na visinama do 300 metara (helikopteri, niskoleteći avioni, bespilotne letelice, krstareće rakete, radarski „nevidljivi“ avioni sa primenjenom „stealth“ tehnologijom za smanjenje radarskog odraza, itd.).

Koncepcija podsistema za nadzor vazdušnog prostora na zvukometrijskom principu

Na osnovu dosadašnjih iskustava i raspoloživih saznanja, nameće se zaključak da podsistem za nadzor vazdušnog prostora na zvukometrijskom principu treba da bude koncipiran kao distribuirani sistem ćelijskog (celularnog) tipa, koji se sastoji od više identičnih zvukometrijskih stanica StZI VOJ koje su međusobno povezane komunikacionim linkovima. Stanice se postavljaju tako da formiraju ćelijsku strukturu tipa paukove mreže kojom se pokriva određeni prostorni sektor. Međusobni razmak stanica je takav da akustički signal koji se generiše pri letu vazduhoplova mogu da istovremeno detektuju najmanje 3 do 4 susedne stanice u sistemu tokom čitave trajektorije leta vazduhoplova unutar zadatog prostornog sektora. Da bi ovaj podsistem to omogućio, on treba da ima osobine samoorganizujućeg rekonfigurabilnog sistema, da ima mogućnost obrade signala na svakoj od stanica i mogućnost međusobne razmene podataka posredstvom komunika-



Sl. 10 – Koncept podsistema za nadzor vazdušnog prostora na zvukometrijskom principu

cionih linkova. Na osnovu raspoloživih znanja i informacija iz informaciono-komunikacionih tehnologija procenjuje se da ovaj podsistem treba da bude koncipiran i implementiran kao distribuirani ADHOC senzorski sistem. Idejno rešenje koncepcije podsistema, koje će biti predmet daljih istraživanja, prikazano je na slici 10. Procenjuje se, takođe, da ovaj podsistem može da bude veoma efikasan za zaštitu državne granice kako u dnevnim tako i u noćnim uslovima.

Zaključak

Predloženi koncept podsistema za nadzor vazdušnog prostora na radio-goniometarskom principu u frekvencijskom opsegu 20–3000 MHz, i podsistema na zvukometrijskom principu, koji je u ovom radu prikazan u osnovnim crtama, u potpunosti se mogu realizovati u našim uslovima na bazi dostupnih tehnologija i vlastitih znanja. Kroz dosadašnje istraživačke i razvojne projekte u oblasti sistema za elektronski rat u VTI, a pogotovu kroz razvoj radio-goniometra RGK-2/3, stečena su dragocena i upotrebljiva znanja i iskustva koja to potvrđuju.

Literatura:

[1] Schmidt R.: Multiple emitter location and signal parameter estimation, IEEE Trans. on Ant. and Prop., Vol. AP-34, No. 3., March 1986.

[2] Erić, M.: Prostorno-frekvencijska analiza radio-frekvencijskog spektra, doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1999.

[3] Erić, M.; Lipovac, L.; Gordić, R.; Lazović, M.; Kostić, A.; Jolkić, S.: Koncept distribuiranog sistema za nadzor vazdušnog prostora na pasivnom principu, XI telekomunikacioni forum Telfor 2003, Beograd, Sava centar, 25–27. 11. 2003.

[4] Monografija „50 godina Vojnotehničkog instituta“, Beograd, 1998, str. 83.

Dr Desimir Vučić,
dipl. inž.
Vojnotehnički institut,
Beograd

PRIMENA SAVREMENIH METODA IZVIĐANJA SIGNALA SA FREKVENCIJSKIM SKAKANJEM ZA FORMIRANJE ELEKTRONSKE SLIKE BOJIŠTA

UDC: 623.62 : 355.535.2

Rezime:

Sve veća zastupljenost savremenih tehnika digitalnih komunikacija koje primenjuju signale sa malom verovatnoćom presretanja, kao što su signali sa frekvencijskim skakanjem, nameće razvoj novih metoda i algoritama za njihovo izviđanje radi formiranja elektronske slike bojišta. U ovom radu razmatraju se principi i dostignuća u razvoju novih metoda u detekciji, karakterizaciji, identifikaciji i eksploataciji ovih sofisticiranih komunikacionih signala u kontekstu elektronskog rata.

Ključne reči: elektronski rat, izviđanje komunikacionih signala, signali sa frekvencijskim skakanjem, analiza signala, elektronska slika bojišta.

ADVANCED METHODS FOR FREQUENCY HOPPING SIGNAL RECONNAISSANCE FOR THE PURPOSE OF CONSTRUCTING ELECTRONIC ORDER OF BATTLE

Summary:

The extensive use of modern low probability-of-intercept digital communication signals, such as frequency hopping signals, requires development of new theory and algorithms for their reconnaissance for the purpose of constructing an electronic order of battle. This paper presents some principles and advances in signal processing and analysis technology for the signal interception, characterization, identification and exploitation in the context of electronic warfare.

Key words: electronic warfare, communication signal reconnaissance, frequency hopping signals, signal analysis, electronic order of battle.

Uvod

Uspešno savremeno ratovanje podrazumeva efikasno sakupljanje, analizu i distribuciju informacija sa bojišta u realnom vremenu, a onemogućavanje istog protivniku, čime se stiče informaciona superiornost a time i značajna prednost u odlučivanju i komandno-kontrolnom (C2 – Command and Control) procesu. Superiornost informacija transformisana u odgovarajuće znanje, i u kombinaciji sa odgovarajućom organizacijom, obukom, iskustvom i C2 mehanizmom, rezultira u superiornost odlučivanja u savremenom ratovanju [1]. Isto tako, korišćenjem integrisanih informacija senzorskih mreža, savremena precizna oružja značajno multipliciraju svoju moć. Većina ovih informacija, posebno na taktičkom nivou, prenosi se komunikacionim signalima koji su raspoloživi u elektromagnetnom spektru. Dakle, dominacija u elektromagnetnom spektru je ključni zahtev savremenih vojnih operacija. Elektronski rat (EW – Electronic Warfare) je oblik korišćenja

elektromagnetnog spektra radi nadgledanja aktivnosti protivnika i prikupljanja relevantnih informacija (npr. identifikacija i lokacija izvora elektromagnetnog zračenja) potrebnih za korektnu procenu pretnje i rekonstrukciju aktivnosti i namera protivnika, obmanjivanje, ometanje ili neutralisanje senzora i C2 procesa, i zaštitu sopstvenog korišćenja elektromagnetnog spektra.

Komunikacioni EW bavi se izvorima komunikacionih signala, a nekomunikacioni EW (drugi deo EW) je u kontekstu elektronskih senzorskih sistema, posebno radara. Za komunikacioni EW, za razliku od nekomunikacionog EW, presretanje i analiza signala su mnogo važniji od karakteristika predajnika. Predmet elektronskog rata su radio-komunikacije, pošto je žične komunikacije vrlo teško presretati i ometati. Na strategijskom nivou obično se EW označava sa SIGINT (Signal Intelligence) sa komponentama COMINT (Communications Intelligence) i ELINT (Electronic Intelligence), koje odgovaraju komunikacionom i nekomunikacionom EW na taktičkom nivou, respektivno. Za COMINT se često koristi i naziv radio-izviđanje (radio reconnaissance). I strategijski i taktički EW zasnivaju se na istim principima i predstavljaju delove istog EW. Na taktičkom nivou pretežno je komunikacioni EW što je i predmet ovog rada.

Dominantno mesto u prikupljanju relevantnih informacija za potrebe informacionog rata (IW – Information Warfare) zauzimaju mere elektronske podrške (ESM – Electronic Suport Measures), kao deo komunikacionog EW, koje uključuju pretraživanje radio-spektra, presretanje, lociranje (goniometrisanje), analizu i identifikaciju izvora radio-signala radi eksploatacije tih informacija i formiranja elektronske slike bojišta (EOB – Electronic Order of Battle). EOB sadrži informacije o prirodi i razmeštaju izvora radio-signala protivnika, uključujući tipove uređaja, frekvencije, vrstu rada (modulaciona tehnika), lokaciju i druge relevantne podatke. ESM operacije su taktički orijentisane i ograničene u vremenu i prostoru, pa pretežno strategijski orijentisani COMINT, koji započinje aktivnosti u miru i zahteva više vremena za detaljnu analizu i procenu parametra signala, obezbeđuje početne podatke i osnovu za ESM. Ne postoji stroga granica između COMINT-a i ESM. Isto tako, ESM obezbeđuje podatke za elektronske protivmere (ESM – Electronic Countermeasures), kao drugi deo EW, kojima se obmanjuju (elektronic deception), ometaju (jamming) ili neutrališu protivnički komunikacioni uređaji i C2 proces. Postoje i elektronske protiv-protivmere (ECCM – Electronic Counter-Countermeasures) kojima se štite sopstveni komunikacioni uređaji od protivničkog, a i sopstvenog ESM.

Razmena informacija između senzora, komandnih elemenata i borbenih sistema obezbeđuje se komunikacionim signalima u odgovarajućim komunikacionim mrežama. Takve komunikacione mreže u taktičkom bojištu moraju biti fleksibilne, robustne, raspoložive u realnom vremenu, pouzdane, sa višestrukim pristupom, zaštićene od neovlašćenog pristupa i otporne na EW mere. Rezultat takvih zahteva su komunikacije primenom tehnika prenosa sa malom verovatnoćom presretanja (LPI – Low Probability-of-Intercept), kao što su tehnike prenosa u proširenom spektru (SS – Spread-

-Spectrum) i odgovarajuće LPI mreže [2]. Na primer, kod SS signala sa frekvencijskim skakanjem (FH – Frequency Hopping) mala verovatnoća presretanja postiže se korišćenjem velikog broja kanala na kojima se prenosi informacija, a posebno primenom PN (Pseudo-Noise) sekvence za izbor frekvencija kanala. Odgovarajuća komunikaciona mreža sa višestrukim pristupom sa kodnom raspodelom frekvencija skakanja (FH-CDMA – Frequency Hop Code Division Multiple Access) koristi ortogonalne sekvence za izbor frekvencija skakanja.

Snažan razvoj i primena tehnologije softverskog radija neminovno će otvoriti nove mogućnosti, ali i teškoće u EW. JTRS (Joint Tactical Radio System), kao najambiciozniji projekat taktičkog softverskog radija, rezultiraće u familiju softverskih radija na univerzalnoj platformi koja obezbeđuje rad u radio-frekvencijskom (RF) opsegu od 2 MHz do 2 GHz, reprogramiranje različitih modulacionih tehnika, brzina prenosa, širina kanala, kodiranja i kriptozaštite, različitih mrežnih protokola i različitih servisa uključujući govor, video i podatke. Tehnologija softverskog radija će, dakle, konvergirati u jedinstveni radio-uređaj u različitim podsistemima taktičkog komunikacionog sistema, i na taj način omogućiti funkcionisanje jedinstvene taktičke komunikacione mreže. Fleksibilnost softverskog radija smanjiće cenu i značajno povećati zastupljenost LPI i LPSE (Low Probability-of-Signal Exploitation) tehnika prenosa, kao što su FH i druge SS tehnike, u taktičkim komunikacionim sistemima. Softverska promena modulacionih tehnika, brzine prenosa, širine kanala i drugih parametara radio-signala, stvara velike probleme klasičnim ESM i ECM sistemima zbog njihove neadekvatne fleksibilnosti. Međutim, primena softverskog radija u samim ESM prijemnicama značajno povećava njihovu fleksibilnost i potencijalno obezbeđuje znatno poboljšanje performansi izviđanja radio-signala, uključujući pretraživanje, presretanje i goniometrisanje (DF – Direction Finding) FH signala i drugih kratkotrajnih (burst) i brzo promenljivih signala.

Presretanje, lociranje, analiza, karakterizacija i identifikacija LPI radio-signala u složenom RF okruženju, u funkciji formiranja EOB, zahteva primenu novih naprednih tehnika obrade i analize signala, među kojima značajno mesto zauzimaju vremensko-frekvencijska i prostorna analiza signala, primena talasne transformacije (WT – Wavelet Transform) i tehnike obrade ciklostacionarnih signala.

Napredne tehnike obrade i analize signala

Furijeova transformacija (FT – Fourier Transform) i njena digitalna implementacija, brza Furijeova transformacija (FFT – Fast Fourier Transform), su u osnovi većine naprednih tehnika obrade i analize signala. Dekompozicijom signala na frekvencijske komponente, FT daje integralni spektralni sadržaj u opservacionom vremenskom prozoru, i ne dozvoljava praćenje njegove vremenske promene, što predstavlja osnovno ograničenje u analizi nestacionarnih komunikacionih signala. Primenom kratkotrajne FT (STFT – Short-Time Fourier Transform), kontinualnim ponavljanjem FT na malim vre-

menskim intervalima, dobija se tzv. „spektogram“ koji delimično rešava ovaj problem vremenske nezavisnosti. STFT signala $x(t)$ u trenutku t' i vremenskom prozoru $w(t)$ može se predstaviti u obliku:

$$STFT(t',f)=\int_t \left[x(t)\cdot w^*(t-t')\right]\cdot e^{-j2\pi ft}dt$$

Vremensko-frekvencijska analiza signala, primenom STFT, ostavlja problem zavisnosti vremensko-frekvencijske raspodele energije signala od veličine i oblika vremenskog prozora $w(t)$, što stvara značajne teškoće u interpretaciji rezultata analize signala. STFT ne prevazilazi ograničenje integralnog spektralnog sadržaja u vremenskom prozoru i zbog toga ne rešava problem tzv. „marginalnih energija“. Problem raspodele spektralnih komponenata u pojedinačnim vremenskim trenucima zahtevao bi proizvoljno mali prozor i u vremenu i u frekvenciji. Međutim, na osnovu principa neodređenosti ovaj zahtev za istovremenom dobrom vremenskom i frekvencijskom rezolucijom je kontradiktoran.

Vremensko-frekvencijska raspodela

Traženje rešenja za problem „marginalnih energija“ i poboljšanje vremenske i frekvencijske rezolucije kod STFT je rezultiralo u razvoj drugih združenih vremensko-frekvencijskih funkcija koje tačnije opisuju vremensko-frekvencijsku raspodelu (TFD – Time-Frequency Distribution) energije. Većina TFD se može predstaviti Furijeovom transformacijom ponderisane funkcije neodređenosti (AF – Ambiguity Function), tj.

$$TFD(t,f)=\int_F\int_\tau AF(\tau,F)\cdot K(\tau,F)\cdot \cdot e^{-j2\pi(\tau f+Ft)}d\tau dF$$

gde je $AF(\tau, F)$ funkcija neodređenosti signala $x(t)$:

$$AF(\tau,F)=\int_t x\left(t+\frac{\tau}{2}\right)\cdot x^*\left(t-\frac{\tau}{2}\right)\cdot e^{j2\pi Ft}dt$$

Ako je jezgro transformacije $K(\tau, F) = 1$ dobija se klasična Vigner-Vajlova raspodela (WVD – Wigner-Ville Distribution):

$$WVD(t,f)=\int_\tau x\left(t+\frac{\tau}{2}\right)\cdot x^*\left(t-\frac{\tau}{2}\right)\cdot e^{-j2\pi f\tau}d\tau$$

WVD ima poboljšanu vremensko-frekvencijsku rezoluciju. Međutim WVD je nelinearna kvadratična raspodela i generiše međusignalnu interferenciju kada se analiziraju superponirani (višestruki) signali.

Različitim izborom jezgra transformacije dobijaju se druge vremensko-frekvencijske raspodele, sa različitim obeležjima i ponašanjem u primeni. Izbor najbolje raspodele zavisi od prirode signala koji se analizira, računarskih i memorijskih ograničenja, i zahteva ekspertsko znanje korisnika.

Talasna transformacija

Talasna transformacija (WT – Wavelet Transform) vrlo je interesantna u analizi nestacionarnih signala. Za razliku od STFT, WT koristi vremenske prozore različitog trajanja, i to kraće na višim frekvencijama a duže na nižim frekvencija-

ma. Na taj način efikasnije se raspodeljuje princip neodređenosti obezbeđujući višerezolucionu analizu sa dobrom vremenskom i lošom frekvencijskom rezolucijom na višim frekvencijama, a suprotno na nižim frekvencijama. Za razliku od WVD i drugih nelinearnih raspodela, WT je linearna i ne generiše međusignalnu interferenciju. Umesto ortogonalne baze prostoperiodičnih funkcija (sin, cos), WT koristi tzv. talasiće (wavelets) koji obično čine ortogonalnu bazu. Kontinualna WT (CWT – Continuous Wavelet Transform) definiše se kao:

$$CWT(\tau,s)=\frac{1}{\sqrt{|s|}}\int_t x(t)\cdot\psi^*\left(\frac{t-\tau}{s}\right)dt$$

gde je $\psi(t)$ osnovni talasić (mother wavelet), a s faktor skale.

Ostali talasići su ekspandovane ($s < 1$) ili komprimovane ($s > 1$) i pomerene verzije osnovnog talasića. Ako se za osnovni talasić uzme modulisani prozor $w(t)$, tj. $\psi(t) = w(t)\cdot\exp(-j2\pi f_0 t)$, veza WT sa STFT je očigledna. Parametar frekvencije f odgovara recipročnoj vrednosti parametra skale s, tj. $f = f_0/s$. Unutar određenih ograničenja, osnovni talasići se mogu birati proizvoljno, pa se u analizi klasa signala od interesa, kao što su FH signali, mogu njima prilagoditi i sa „zoom“ osobinom WT analize detektovati njihove frekvencijske tranzicije.

Ciklostacionarna analiza signala

Tehnike obrade ciklostacionarnih (CS) signala (CSP – Cyclostationary Signal Processing) koriste inherentne periodičnosti signala i imaju značajne prednosti u detekciji, identifikaciji i proceni parametara CS signala u odnosu na klasične stacionarne metode. Periodičnosti se ispoljavaju kroz korelaciju razdvojenih spektralnih komponenata kao spektralna redundansa. Frekvencija razdvajanja α je tzv. ciklična frekvencija. Korišćenje ove spektralne redundanse znatno poboljšava performanse analize i obrade signala.

Većina komunikacionih signala ima CS osobine, koje su najčešće rezultat modulacije i kodovanja. Svi modulisani signali su ciklostacionarni. Njihove ciklične frekvencije, zavisno od tipa modulacije, pridružuju se nosećoj frekvenciji, simbolskoj brzini, brzini čipa (chip rate), brzini skakanja (hop rate) i drugim periodičnostima. Spektralno-korelaciona funkcija (CSF – Spectral-Corelation Function) vrlo je važna CS osobina drugog reda. CSF se dobija korelacijom spektralnih komponenata na frekvencijama $f + \alpha/2$ i $f - \alpha/2$:

$$CSF(\alpha,f)=\lim_{T\to\infty}\lim_{\Delta t\to\infty}\frac{1}{T\cdot\Delta t}\int_{\Delta t}X_T\left(t,f+\frac{\alpha}{2}\right)\cdot$$

$$\cdot X_T^*\left(t,f-\frac{\alpha}{2}\right)dt$$

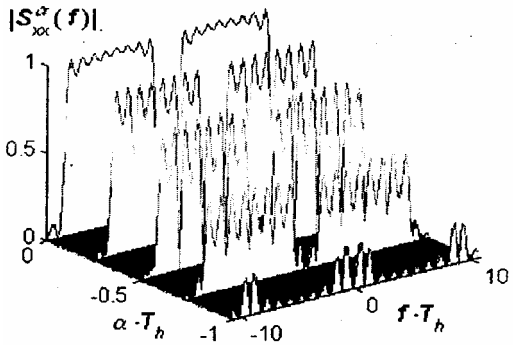
gde $X_T(t, f)$ predstavlja FT signala $x(t)$ na vremenskom intervalu T, odnosno STFT.

Kod CSF analize $\Delta f/\Delta\alpha >> 1$, tj. rezolucija $\Delta\alpha$ po cikličnoj frekvenciji α znatno je bolja od rezolucije Δf po spektralnoj frekvenciji f, što značajno povećava tačnost procene parametara signala. Stacionarni šum ne ispoljava ciklična obeležja. Moguće je izdvajanje željenog signala koji je vremenski i frekvencijski preklopljen sa drugim neželjenim signalima, interferencijom i šumom. Zanemarljiv uticaj šuma i veća ciklična rezolucija povećavaju

pouzdanost i tačnost procene parametara signala. Dakle, CSF pristupom u presretanju signala prevazilaze se najkomplikovaniji problemi adaptacije na nepoznati i promenljivi nivo šuma i interferencije. Isto tako, karakteristični oblici CSF u bifrekvencijskoj ravni (f,α) koriste se za identifikaciju tipa modulacije signala.

Ilustracija CSF analize FH signala data je na slici 1. Prikazan je CSF modul, $\left|S_{xx}^{\alpha}(f)\right|$, ortogonalnog nekoherentnog FH/BFSK signala, sa normalizovanim skupom informacionih frekvencijskih pomeraja $\{f_m T_h\}=\{-1/2, 1/2\}$ i pseudoslučajnih pomeraja frekvencijskih skokova $\{(r_n \cdot T_h\}=\{-3,-1,+1,+3\}$. Uočava se da FH signali ispoljavaju ciklostacionarnost samo u osnovnom opsegu na cikličnim frekvencijama koje odgovaraju periodi ponavljanja PN sekvence skakanja, što predstavlja značajnu identifikacionu karakteristiku i bitan parametar za prijem ovih signala [3].

Posebno su značajne prednosti CSF pristupa u detekciji LPI signala. U klasičnoj radiometarskoj detekciji signala energija se detektuje bez obzira da li postoji ili ne postoji signal, tj. radiometar (energetski detektor) razdvaja energiju smese signal+šum od energije šuma. S druge strane, ciklični detektor regeneriše spektralnu komponentu za $\alpha\neq 0$ samo ako je signal prisutan i sa zanemarljivim uticajem šuma [4, 5].

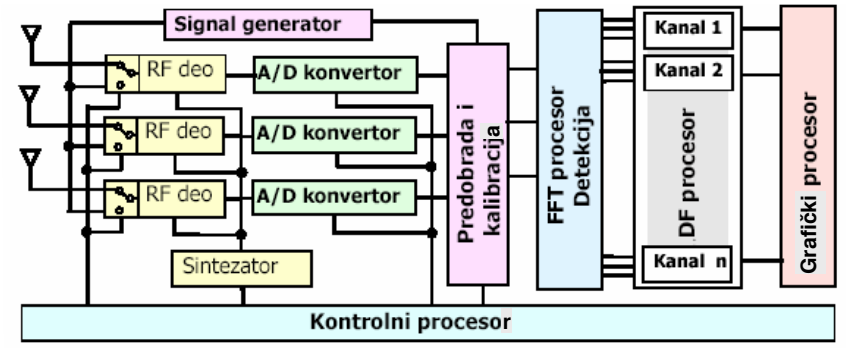


Sl. 1 – Ciklični spektar FH signala

Digitalne metode detekcije signala

Uvođenje digitalnih širokopojasnih prijemnika u savremene izviđačke sisteme i veliki napredak u računarskoj tehnici omogućili su realizaciju boljeg pristupa u detekciji komunikacionih signala, a posebno FH signala, primenom FFT metoda. Ovakav pristup rezultirao je u tzv. radio-goniometarski (RDF – Radio Direction Finding) prijemnik, gde se integriše širokopojasna detekcija i DF. Struktura RDF prijemnika prikazana je na slici 2.

Trenutni međufrekvencijski (MF) opseg širokopojasnih prijemnika znatno je veći od opsega jednog FH impulsa. Detekcija FH signala se u ovom slučaju svodi na detekciju kratkotrajnih signala u digitalnom širokopojasnom signalu sa MF izlaza prijemnika. Digitalnom obradom se širokopojasni digitalni signal deli u N susednih kanala koji pokrivaju ceo širokopojasni MF opseg prijemnika. Pošto se brzina odabiranja po pojedinim kanalima redukuje na fs/N (fs – frekvencija odabiranja), računarski zahtevi u obradi jednog signala se znatno ublažuju, a i SNR (signal-to-noise ratio) unutar tog kanala se poboljšava za $10\cdot\log N$ dB. Razdvajanje na kanale vrši se primenom tzv. FFT kanalizatora i polifaznih FFT kanalizatora, što je najbolji izbor za digitalnu realizaciju detekcije FH signala u realnom vremenu. FFT kanalizatori čuvaju fazne informacije, koje se koriste za DF svakog detektovanog signala.



Sl. 2 – RDF prijemnik sa FFT i DF procesorom

Metode digitalne detekcije signala zasnivaju se na FFT, polifaznim filtrima i metodi periodgrama, uključujući različite varijante primene prozora i frekvencijskog izglađivanja (frequency smoothing) [5]. U praktičnim tehnikama detekcije koristi se prag detekcije radi određivanja da li neki pik u spektru potiče od signala ili šuma.

Najbolje performanse detekcije postižu se kada se opservacioni prozor poklapa sa intervalom frekvencijskog skoka (T_h), što je slučaj kod metode periodgrama i prilagođenog frekvencijski ispeglanog FFT (MFS-FFT – Matched frequency smoothed FFT). Bolje potiskivanje bočnih listova postiže se povećanjem broja FFT tačaka, korišćenjem prozora i polifaznih filtera. U tom smislu, najbolja je primenom polifaznih filtera, a i povećanje broja FFT tačaka daje dobre rezultate. Primena prozora pogoršava performanse detekcije. MFS-FFT metod je najsporiji pošto uključuje u račun najveći broj kanala. Najmanje vreme obrade je kod jednokanalne FFT detekcije, a zatim kod metoda periodgrama. Primena prozora neznatno povećava vreme obrade [5]. Izbor najboljeg metoda FH detekcije može se integralno razmatrati kroz mogućnost drugih primena. Tako metod jednokanalne FFT detekcije i polifaznih filtera predstavljaju širokopojasne kanalizatore čiji se izlazi mogu koristiti u demodulaciji signala i nadgledanju radio-spektra.

Sama detekcija FH signala ne nosi dovoljnu radio-izviđačku informaciju. Posebno je interesantna procena parametara (širina frekvencijskog opsega, smer dolaska (azimut), vremenski početak i trajanje FH impulsa) FH signala, što treba da omogući njihovo praćenje po frekvenciji i vremenu. U tom smislu, MFS-FFT metod ima vrlo dobru frekvencijsku rezoluciju, a međurezultati se mogu koristiti za tačnu procenu širine frekvencijskog opsega i diskriminaciju između frekvencijski bliskih signala.

Primena u radio-izviđanju postavlja nove zahteve i usmerava istraživanja na dalji razvoj digitalnih metoda detekcije FH signala sa još boljim performansama, kao što su novi oblici TFD, WT i ciklične metode detekcije.

Goniometrisanje signala

Značaj određivanja lokacije izvora signala (predajnika), odnosno goniometrisanja (DF – Direction Finding), raste sa povećanjem primene LPI signala i mobilnosti komunikacionih uređaja. Goniometrisanjem se spektralne komponen-

te u RF spektru pridružuju nekom predajniku i tako prikupljaju podaci o rasporedu snaga i aktivnosti protivnika.

Snažan razvoj digitalne obrade signala (DSP – Digital Signal Processing) i njena DF primena omogućili su implementaciju interferometarskih i super rezolucionih DF metoda. Intenzivna istraživanja i snažan impuls u razvoju novih DF metoda nametnula je sve veća primena frekvencijski agilnih signala, kao što su FH signali. Ovo je rezultiralo u novom pristupu u goniometrisanju poznatom kao širokopojasno presretanje/DF koje se zasniva na integraciji širokopojasnog presretanja (detekcije) primenom FFT i DF procesa [6, 7].

Goniometrisanjem se procenjuje smer dolaska (DOA – Direction of Arrival) signala od nekog predajnika. Za određivanje DOA signala obično je dovoljno određivanje azimuta. Određivanje elevacije je od interesa za emitere sa letećih platformi i u slučaju kratkotalasnih (KT) signala koji se odbijaju od jonosfere.

DF metoda korelativne interferometrije [8] nalazi značajnu primenu u goniometrisanju kratkotrajnih signala i, posebno, FH signala. Razlog je, pre svega, u kratkoći vremena potrebnog za procenu DOA signala, što omogućuje implementaciju u realnom vremenu. Fazna razlika između signala elemenata antenskih nizova može se lako meriti pomoću kompleksne kroskorelacije između samo po jednog odbirka tih kompleksnih signala.

Snažan razvoj i dostignuća u DSP tehnologiji omogućili su da metode obrade signala antenskih nizova dođu i praktično do izražaja. Sada se mogu izvršiti i vrlo složene matematičke operacije i numerički proračuni za vrlo kratko vreme, što omogućuje da se ove metode primene za rešavanje složenog problema goniometrisanja više radio-emisija koje se preklapaju i vremenski i spektralno. Spektralne metode obrade signala senzorskih nizova mogu se klasifikovati u „beamforming“ metode i tzv. metode potprostora (subspace).

Osnovna ideja „beamforming“ metode sastoji se u menjanju usmerenosti antenskog niza i merenju nivoa izlaznog signala. Pravac usmerenosti pri kome se dobija maksimalni nivo signala odgovara DOA proceni.

„Subspace-based“ metode zasnivaju se na strukturi sopstvenih vrednosti i vektora (eigenstructure) kovariacione matrice, i među ovim metodama je najpoznatija tzv. MUSIC (Multiple Signal Classification) metoda. MUSIC algoritam je izvorno razvijen kao algoritam za procenu smera dolaska signala, a zatim je korišćen i za rešavanje drugih problema spektralne analize i identifikacije signala.

Metode obrade ciklostacionarnih signala (CSP) pružaju značajne dodatne mogućnosti. Korišćenje CS osobina pri obradi antenskih signala omogućuje „favorizovanje“ željenog signala i njegovo znatno lakše razdvajanje od neželjenih signala, interferencije i šuma. Procena korelacione matrice, koja se koristi u klasičnim algoritmima DOA procene na bazi potprostora signala i/ili potprostora šuma, zamenjuje se cikličnom korelacionom matricom [4]. Na ovaj način doprinos daju samo signali sa istom cikličnom frekvenci-

jom, a eleminiše se stacionarni aditivni šum i sve interferencije sa različitim cikličnim frekvencijama. Dakle, korišćenjem CS osobina značajno se povećava SNR i poboljšava detektibilnost signala, a razdvajanje signala sa različitim cikličnim frekvencijama povećava broj detektibilnih signala. Ciklične DF metode su superiorne u odnosu na klasične metode, posebno u slučaju kada ukupni broj signala premašuje broj senzora. Superiornost cikličnih DF algoritama postoji i u slučaju kada su karakteristike šuma nepoznate, ili kada signali sa različitim cikličnim frekvencijama imaju bliske uglove dolaska (DOA). Međutim, ima i otvorenih problema kao što su implementacija i testiranje algoritama na realnim signalima i razvoj boljih metoda za širokopojasne signale [4, 5].

Tehničko rešenje izviđanja signala sa frekvencijskim skakanjem

Sistem za izviđanje (presretanje/DF) FH signala u VVF/UVF opsegu zasniva se na prijemu signala antenskim nizom i njihovoj višeprocesorskoj digitalnoj obradi (DSP) u cilju presretanja, DF i procene identifikacionih parametara FH signala.

Osnovni elementi ovog sistema su [5]:

– VVF/UVF DF antenski niz (minimalno 3 antenska elementa) sa dobrom osetljivošću;

– višekanalni (minimalno trokanalni) analogni tjuner ili prijemnik za VVF/UVF opseg, velike brzine pretraživanja i sa širokopojasnim MF izlazom (npr.10 MHz);

– A/D konvertori, za digitalizaciju širokopojasnog MF signala (npr. trenutni MF opseg od 10 MHz), sa odgovarajućom brzinom odabiranja (npr. 25,6 MHz za MF opseg od 10 MHz) i sa dobrom rezolucijom (npr. 14 bita);

– digitalna predobrada signala, gde se vrši digitalna konverzija u osnovni opseg (DDC – Digital down conversion), filtriranje željenog podopsega i decimacija koja obezbeđuje redukciju podataka zbog obrade u realnom vremenu;

– DPS jedinica za obradu signala sa minimalno tri paralelna merna kanala. Sadrži više (npr. 16) digitalnih procesora signala namenjenih za FFT analizu, detekciju, digitalno filtriranje, DF i procenu identifikacionih parametara FH signala.

Analogni tjuneri (RF conditioning unit) i A/D konvertori treba da obezbede potpuno koherentne sve ulazne signale da bi se sačuvali njihovi fazni odnosi potrebni za DF proračune. Širokopojasni tjuneri (ili prijemnici) transliraju deo spektra iz VVF/UVF opsega u MF opseg pogodan za A/D konverziju. Osnovno ograničenje za realizaciju izviđanja FH signala u realnom vremenu predstavlja širina MF opsega i brzina odgovarajućih digitalnih MF podataka. Na primer, za MF opseg širine od 10 MHz, brzinu odabiranja od 25,6 MSPS (miliona odbiraka/s), A/D konverziju sa 14 bita i minimalno tri kanala za DF aplikaciju, zahteva brzinu digitalnih podataka veću od 130 Mbytes/s. Obrada u realnom vremenu zahteva da se u procesu predobrade vrši digitalna konverzija u osnovni opseg (DDC), filtriranje željenog podopsega i

decimacija koja obezbeđuje redukciju podataka. Obično se funkcije A/D konverzije i DDC integrišu u okviru tzv. akvizicionih ploča.

DSP jedinica vrši u osnovnom opsegu kanalizaciju širokopojasnog FH signala i detekciju FH impulsa, (primenom FFT), DF procenu i proračun izviđačkih parametara. Različite mogućnosti sistema za izviđanje FH signala, što podrazumeva promenu DF metode, brzine odabiranja, broja antena, itd., zahtevaju formiranje rekonfigurabilne arhitekture za obradu signala [9]. Postoje dve savremene rekonfigurabilne arhitekture za obradu signala i to: a) FPGA (Field Programmable Gate Array) i b) procesori, uključujući DSP.

Oba ova pristupa imaju prednosti i mane. Interesantno je da su većina FPGA prednosti komplementarne sa manama procesora i obrnuto. Dakle, najbolje rešenje je u kombinovanju ovih elemenata uzimajući u obzir prednosti i jednog i drugog pristupa. Na primer, MF predobrada, koja uključuje DDC, digitalno filtriranje, decimaciju i neke funkcije poređenja sa pragom, pogodna je za FPGA implementaciju. Obradu u osnovnom opsegu, koja podrazumeva FFT analizu, detekciju, DF procenu i procenu identifikacionih parametara, pogodno je realizovati pomoću DSP. Obrada u osnovnom opsegu u realnom vremenu zahteva više višeprocesorskih DSP ploča. Na primer, četiri DSP ploče Quatro 67 sa po četiri „floating-point" signal procesora TMS320C6701, obezbeđuju procesorsku snagu od 25,6 G instrukcija/s, i to je jedna od najsnažnijih komercijalno raspoloživih arhitektura dovoljna za izviđanje FH signala srednje brzine skakanja (do 500 skokova/s). Implementacija metoda za izviđanje FH signala u realnom vremenu zahteva i vrlo brzi protok kompleksnih podataka između A/D konvertora i DSP, kao i između samih DSP.

Korelativna interferometrija je DF metoda koja se nameće pri izviđanju FH signala.

Ova metoda, u odnosu na druge klasične metode, ima sledeće osnovne prednosti: brza DF procena; velika tačnost procene i pri „multipath" interferenciji, velika osetljivost i fleksibilnost u odnosu na geometriju antena; kalibracijom se mogu redukovati DF greške izazvane platformom.

Najbolji kompromis između maksimalnih performansi visokorezolucionih DF metoda i prihvatljive DF složenosti pri goniometrisanju FH signala, predstavlja korelativna interferometrija. Inače, kritični zahtevi za izbor tehničkih rešenja sistema za izviđanje FH signala posledica su sledećih parametara:

– brzine skakanja FH signala, odnosno vremena zadržavanja na kanalu;

– frekvencijskog opsega FH emisije, odnosno broja kanala;

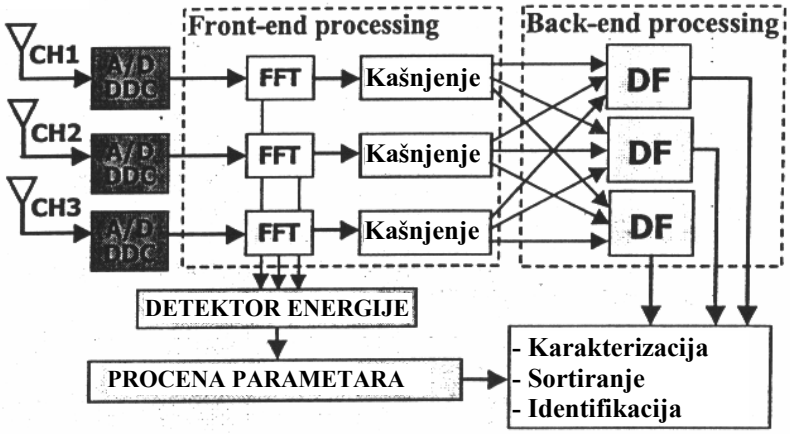
– preklapanja između frekvencijskog opsega pretraživanja i opsega skakanja;

– trajanja FH emisije;

– verovatnoće presretanja FH impulsa.

Rezultati izviđanja FH signala prikazuju se u pogodnom alfa-numeričkom i grafičkom obliku, čuvaju u bazi podataka „host" PC računara i obezbeđuje se njihovo slanje kroz Ethernet LAN brzinom od 100 Mbit/s i TCI/IP protokolom za dalju off-line obradu.

U okviru DSP prvo se izvršava FFT (front-end processing) radi analize spektralnog sadržaja širokopojasnog signala, njegovog razbijanja na uskopojasne kana-



Sl. 3 – Analiza i obrada signala pri izviđanju FH signala

le i detekcije FH signala od interesa (SOI – Signals of Interest). Zatim se nad detektovanim SOI frekvencijama, sa svih paralelnih prijemnih kanala, vrši intenzivna „floating-point" obrada (back-end processing) radi DF procene i procene identifikacionih parametara. DF obrada zahteva prosleđivanje spektralnih rezultata (FFT analiza) sa svih kanala do svih procesorskih elemenata u „back-end processing" delu, kao što je prikazano na slici 3.

Zaključak

Procenjuje se da se izviđanjem komunikacionih radio-signala prikuplja većina (60–80%) taktičkih informacija. Dominacija u elektromagnetnom spektru i formiranje potpune i precizne elektronske slike bojišta presudno određuju ishod većine savremenih vojnih operacija [1]. Snažan razvoj i primena tehnologije softverskog radija otvara nove mogućnosti, ali i teškoće u elektronskom ratu (EW). Znatno će se povećati zastupljenost LPI i LPSE tehnika prenosa u taktičkim komunikacionim sistemima. Softverski proizvoljni izbor sofisticiranih modulacionih tehnika, brzine prenosa, širine kanala i drugih parametara radio-signala i složeno RF okruženje, zahtevaju razvoj i primenu novih naprednih tehnika obrade i analize signala u procesu njihovog presretanja, lociranja, analize, karakterizacije i identifikacije. Izbor raspoloživih složenih metoda obrade i analize signala u radio-izviđanju, njihova adaptacija i razvoj novih metoda, kao i interpretacija dobijenih rezultata, zavisi od prirode izviđanih signala i zahteva ekspertsko znanje korisnika. Neminovna razmena važnih informacija u komandno-kontrolnom procesu i između senzora i savremenih preciznih oružja, primenom digitalnih komunikacionih sistema na bazi sve prisutnije tehnologije softverskog radija, znatno povećava ulogu EW na takvom „digitalizovanom" bojištu. Praćenje i pariranje ovakvom trendu zahteva znatno i stalno ulaganje u EW opremu, znanje i obuku kadra, srazmerno ulaganjima na polju komunikacionih i informacionih taktičkih sistema.

Literatura:

[1] Frater, M.; Rayan M.: Communications electronic warfare and the digtised battlefield, Land Warfare Studies Centre, Working Paper No.116, 2001., (51 str.).

[2] Miles R.; Prescott G.: Detectibility models for multiple access lowprobability-of-intercept networks, IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 36, No. 3, July 2000, pp. 848–858.

[3] Vučić, D.; Vučić, N.: Ciklična spektralna analiza signala sa frekvencijskim skakanjem, Konferencija ETRAN (podneto), 2004.

[4] Vučić, D.: Ciklična spektralna analiza signala, Zadužbina Andrejević, Beograd, 2001., (131 str.).

[5] Vučić, D.: Metode i tehnička rešenja za izviđanje signala sa frekvencijskim skakanjem, VTI, Beograd, 2004., (84 str.).

[6] Demmel, F.; Unselt, U.: Digital broadband search direction finders R&S DDF®0×A: Unrivalled performance and compact design, News from Rohde&Schwarz, Number 179 (2003/III).

[7] Demmel, F.; Unselt, U.: Digital hf/vhf/uhf monitoring direction finders R&S DDF®0×E: complex radio scenarios monitored at a glance, News from Rohde&Schwarz, Number 180 (2003/IV).

[8] Rohde&Schwarz, (2000/2001) Introduction into theory of direction finding, Catalog: Radiomonitoring and radiolocation, 2000/2001.

[9] Haji, K., Brown, B.: A reconfigurable computing platform for detection finding of frequency hopping signals, Southwest Research Institute, San Antonio.

Dr Miljko Erić,
pukovnik, dipl. inž.
Vojnotehnički institut,
Beograd
Radoje Marković,
potpukovnik, dipl. inž.
Uprava za EI i PED GŠ VSCG,
Beograd

IZVIĐANJE RADIO-KOMUNIKACIJA U VF OPSEGU U FUNKCIJI SAVREMENIH OPERACIJA

UDC: 621.396 : 355.535.2

Rezime:

U ovom radu je, polazeći od opštih principa izviđanja radio-komunikacija, analiziran problem izviđanja radio-komunikacija u VF opsegu 1,6–30 MHz na operativno-strategijskom nivou koje se sprovodi u funkciji obaveštajnog obezbeđenja. Izložen je koncept širokopojasnog multifunkcionalnog radio-goniometra u kojem su integrisane funkcije automatskog presretanja i goniometrisanja signala, koji treba da omogući trenutni i potpuni nadzor (otkrivanje i goniometrisanje) svih aktivnih emisija u kompletnom VF frekvencijskom opsegu koje nisu kraće od 10 ms. Ovaj goniometar predstavlja osnovicu budućeg automatizovanog radio-izviđačkog sistema za VF opseg, koji sistemu komandovanja savremenim operacijama treba da omogući potpuni uvid u stanje, odnosno praćenje aktivnosti radio-komunikacija u kompletnom VF opsegu, što postojeći sistem za izviđanje VF frekvencijskog opsega ne obezbeđuje. Izložena problematika zasniva se na analizi iskustava i trendova u ovoj oblasti u svetu, na iskustvima stečenim u VTI kroz dosadašnje istraživačke i razvojne zadatke, posebno kroz razvoj i terenska ispitivanja radio-goniometra za VVF/UVF opseg.

Ključne reči: obaveštajno obezbeđenje, radio-izviđanje, radio-goniometrisanje, lociranje, MUSIC metoda, triangulacija, digitalna obrada signala.

COMMUNICATION INTELLIGENCE IN HF RANGE AS SUPPORT OF MODERN OPERATIONS

Summary:

Starting from the elaboration of the basic principles of communication intelligence, a problem of communication intelligence in HF range 1,6–30 MHz on the operational-strategic level is analyzed in detail. A concept of the wide-band multifunctional direction finder with integrated intercept and direction finding functions is presented. The direction finder should provide complete surveillance of the HF range and interception with direction finding of all active signals in given frequency range which are not shorter than 10 ms. The direction finder is the key element of the future automated radio reconnaissance system for the HF range, that should provide a complete insight of the signal activities in the HF range, which the existing communication intelligence system does not provide. The subject matter of this paper is based on the analysis of experiences and current trends in this field in the world, on experiences gained in VTI in previous research and development projects, especially in development and testing of the prototype of the direction finder fot the VHF/UHF frequency range.

Key words: intelligence support, radio reconnaissance, radio direction finding, emitter location, MUSIC method, triangulation, digital signal processing.

Uvod

Izviđanje radio-komunikacija predstavlja veoma značajan aspekt savremenih operacija. Sprovodi se kontinuirano i sveobuhvatno, u miru i ratu, i pokriva sve frekvencijske opsege i sve komunikacione tehnike prenosa. U skoro svim savremenim armijama preko 70% obaveštajnih podataka prikuplja se na ovaj na-

čin. Na operativno-strategijskom nivou, izviđanje radio-komunikacija dominantno se sprovodi u funkciji obaveštajnog obezbeđenja koje treba da obezbedi pravovremene i pouzdane informacije o ciljevima i namerama protivnika, razmeštaju njegovih snaga i sredstava, a radi definisanja, pripreme i sprovođenja optimalnog modela vlastitih odbrambenih i/ili ofanzivnih operacija. Na taktičkom nivou, izviđanje radio-komunikacija dominantno se sprovodi radi formiranja elektronske slike bojišta (Electronic Order of Battle – EOB) i vođenja protivelektronskih dejstava (PED) i protivelektronskih borbenih dejstava (PEBD).

Izviđanje radio-komunikacija je složena delatnost koja obuhvata sledeće osnovne procese: *pretraživanje* radio-frekvencijskog spektra, *prijem* signala, *goniometrisanje,* tehničku *analizu signala* i *obradu podataka.* Složenost procesa izviđanja radio-komunikacija u direktnoj je korelaciji sa složenošću primenjenih komunikacionih tehnika prenosa.

Pretraživanje elektromagnetskog spektra vrši se radi detekcije (otkrivanja, presretanja) aktivnih emisija. Postoje dve kategorije emisija koje su od interesa. U prvu kategoriju spadaju poznate emisije (sa poznatim parametrima: frekvencija nosioca, tip i parametri modulacije, vrsta prenosa, spektralna širina, pripadnost, lokacija ili širi reon lokacije) pri čemu su nepoznati vreme pojavljivanja, informacioni sadržaj i eventualno lokacija. U ovom slučaju pretraživanje se svodi na detekciju aktivnosti emisija na predefinisanim frekvencijskim kanalima. Ova funkcija je integrisana u većini savremenih izviđačkih prijemnika i može se realizovati bez posebne dodatne opreme.

U drugu kategoriju spadaju nepoznate emisije sa nepoznatim parametrima prenosa i modulacije (frekvencija nosioca, modulacija, spektralna širina, itd.). Proces otkrivanja ovih emisija pretraživanjem daleko je složeniji i komplikovaniji. Uvođenjem savremenih tehnika prenosa u proširenom spektru (frekvencijsko skakanje i direktna sekvenca) koje spadaju u klasu emisija sa malom verovatnoćom presretanja (Low Probability of Intercept – LPI), proces presretanja – detekcije ovih emisija postaje veoma složen i praktično nemoguć bez korišćenja složenih tehničkih sredstava.

Praćenje emisija ima za cilj da se dođe do informacionog sadržaja. Prate se uglavnom emisije za koje su poznati tip i parametri modulacije, a u slučaju digitalnog prenosa i podaci o primenjenom kodu, brzini prenosa, itd. Goniometrisanjem se određuje smer dolaska signala, a na bazi podataka o smerovima dobijenim sa više prostorno dislociranih radio-goniometarskih stanica procenjuje se lokacija radio-predajnika. Tehnička analiza signala vrši se sa ciljem procene tehničkih parametara nepoznatih emisija ili procene nepoznatih parametara poznatih emisija. Ovi parametri se koriste u procesu identifikacije predajnika ili su neophodni za klasifikaciju, demodulaciju, dekodiranje odnosno prijem signala. Obrada podataka ima za cilj da se na osnovu podataka dobijenih procesom pretraživanja, prijema, tehničke analize i goniometrisanja generiše izveštaj sa rezultatima izviđanja koji se prosleđuje pretpostavljenim komandama.

Izviđanje radio-komunikacija na operativno-strategijskom nivou, koje je u funkciji obaveštajnog obezbeđenja, ima

za prevashodni cilj dolazak do informacija. Uvođenjem digitalizovanog prenosa, savremenih tehnika prenosa signala u proširenom spektru (frekvencijsko skakanje i direktna sekvenca), integracijom saobraćaja (govor, podaci, slika, faks), kao i primenom kriptozaštite pri digitalnom prenosu, smanjuju se mogućnosti da se procesom izviđanja neposredno dođe do informacija obaveštajnog karaktera. Do obaveštajnih podataka sve više će se dolaziti neposrednim putem, praćenjem aktivnosti radio-saobraćaja, odnosno nadgledanjem stanja u elektromagnetskom spektru (u zapadnoj literaturi za ovaj proces koristi se pojam Activity detection).

Izviđanje na taktičkom nivou za prevashodni cilj ima detekciju i lociranje izvora elektromagnetskog zračenja elektronskih i borbenih sistema protivnika i njihovu identifikaciju. Na osnovu podataka o lokaciji i tehničkim parametrima signala do kojih se dolazi kroz obradu primljenog signala, kao i primljenih obaveštajnih podataka, preduzimaju se odgovarajuće elektronske i/ili borbene protivmere. Radi toga na taktičkom nivou izuzetno je značajno da postoji direktna sprega izviđačkih i borbenih sistema. S obzirom da je goniometrisanje u principu uvek moguće, bez obzira na primenjenu modulaciju i kriptozaštitu, ono će sve više dobijati na značaju naročito na taktičkom nivou.

Pored navedenog, proces izviđanja ima i specifičnosti koje proističu iz specifičnosti propagacije radio-signala u pojedinim frekvencijskim podopsezima. U ovom radu detaljnije je razmatrana problematika izviđanja radio komunikacija u VF frekvencijskom opsegu 1,6–30 MHz.

Aktuelni problemi izviđanja radio-komunikacija u VF opsegu

Osnovne specifičnosti radio-saobraćaja u VF opsegu

Osnovne specifičnosti radio-saobraćaja u VF frekvencijskom opsegu su sledeće:

– propagacija radio-signala u VF opsegu obavlja se jonosferskim i površinskim talasom;

– postoje efekti zamiranja signala (fedinga) na mestu prijema zbog višestrukog prostiranja (naročito pri jonosferskom prostiranju);

– veliki broj različitih modulacionih postupaka i različitih spektralnih širina emisija;

– velika zauzetost VF frekvencijskog opsega;

– ne postoji standardizacija u pogledu korišćenja frekvencija u VF opsegu.

U VF opsegu signal se prenosi posredstvom površinskog i jonosferskog talasa. Domet površinskog talasa zavisi od snage predajnika, karakteristika vodljivosti tla, i tipično iznosi 50-tak kilometara. Pri jonosferskom prostiranju radio-talas se jednostruko ili višestruko reflektuje od jonosfere. Korišćenjem jonosferskog talasa moguće je ostvariti komunikacione dometa od više hiljada kilometara. Zbog toga VF opseg se dominantno koristi za radio-komunikaciju na velikim udaljenostima (komunikacije između viših komandi na operativno-strategijskom nivou, diplomatske radio-komunikacije, radio-komunikacije mornaričkih i vazduhoplovnih snaga, komunikacije meteoroloških i drugih specifičnih službi i servisa, itd.). Uslovi prostiranja jonosferskim talasom uslovljeni

su stanjem jonosfere koje se menja u toku dana ali i sezonski. Pri jonosferskom prostiranju gotovo uvek je prisutno višestruko prostiranje signala, pri čemu superponirani talasi imaju različita vremenska kašnjenja i frekvencijske (Doplerove) pomake, što ima za posledicu zamiranje radio-signala (feding) na mestu prijema. Jonosferski radio-kanal se modelira kao kanal sa vremenski promenljivim parametrima. Postojanje fedinga veoma komplikuje proces detekcije, identifikacije i prijema radio-signala, pogotovu pri digitalnom prenosu podataka. U VF opsegu koristi se veliki broj različitih modulacionih postupaka i vrsta prenosa (klasična Morzeova telegrafija, FSK telegrafija, SSB prenos govora, modemski prenos podataka korišćenjem različitih varijanti jednotonskih i multitonskih modema, prenos analognog i digitalnog FAX-a, digitalizovani kriptozaštićeni prenos govora, itd.). U VF opsegu spektralne širine emisija tipično se kreću od par stotina Hz do 4 kHz, ređe do 16 kHz. Iz navedenih razloga u savremenim izviđačkim prijemnicima novije generacije integrisane su programabilne banke međufrekvencijskih (MF) filtera različitih spektralnih širina kao i banke demodulatora koji pokrivaju osnovne modulacione postupke koji se susreću u VF opsegu.

U VF opsegu određenim službama i servisima dodeljene su na upotrebu frekvencije, ali u principu u VF opsegu ne postoji standardizacija u pogledu korišćenja frekvencija. To dodatno komplikuje proces izviđanja jer je zbog jonosferskog prostiranja na mestu prijema često prisutna interferencija signala od više radio-predajnika koji rade na istim frekvencijama na različitim lokacijama.

Karakteristika radio-saobraćaja u VF opsegu je i velika zauzetost elektromagnetskog spektra u VF opsegu, odnosno aktivnost velikog broja emisija u relativno uskom frekvencijskom podopsegu.

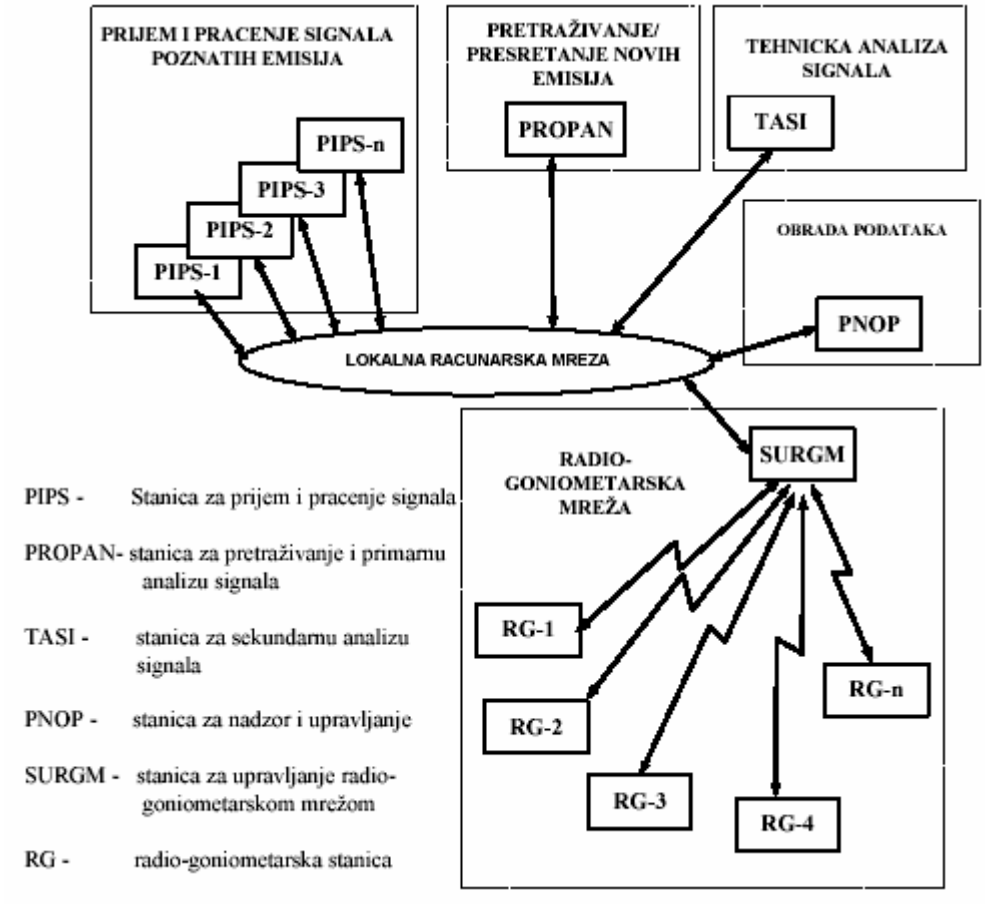
Osnovni problemi automatizacije procesa izviđanja radio-komunikacija u VF opsegu

Da bi se povećala efikasnost izviđanja radio-komunikacija, pojedini izviđački procesi moraju da se automatizuju. Automatizacija procesa izviđanja radio-komunikacija, posebno komunikacija u VF opsegu, predstavlja veoma složen tehnički problem.

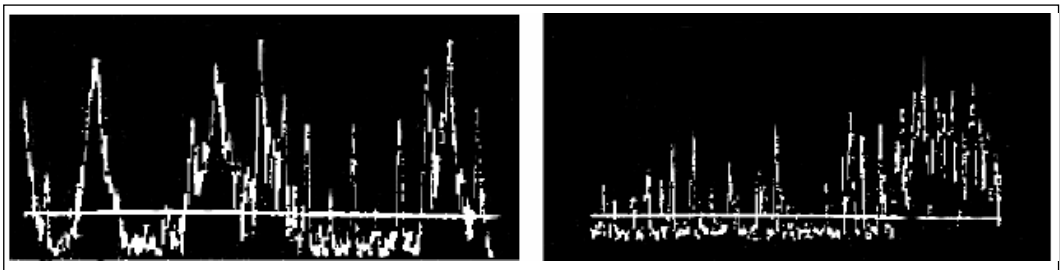
U proteklom periodu u VTI su vršena intenzivna istraživanja metoda i tehničkih rešenja za izviđanje radio-komunikacija u VF i VVF/UVF opsegu. Cilj istraživanja je bio da se procesi pretraživanja, detekcije, prijema, praćenja i goniometrisanja radio-komunikacija u celini ili parcijalno automatizuju. Pri tome se krenulo od neodgovarajuće pretpostavke da koncepcija automatizovanog izviđačkog sistema treba da bude u funkcionalnom smislu potpuno ekvivalentna sa postojećom koncepcijom neautomatizovanog sistema za izviđanje VF opsega. Na slici 1 prikazana je struktura automatizovanog sistema za VF opseg koji je bio predmet istraživanja. Sistem se sastoji od više podsistema a to su: za prijem i praćenje signala – PIPS, za pretraživanje i primarnu analizu signala – PROPAN, za tehničku analizu signala – TASI, za nadzor i upravljanje – PNOP i podsistem radio-goniometarske mreže koja se sastoji od stanice za upravljanje radio-goniometarskom mrežom SURGM i više prostorno dislociranih radio-goniometarskih stanica uvezanih u mrežu komunika-

cionim linkovima. Podsistemi su uvezani u računarsku mrežu.

Ključni problemi automatizacije izviđanja VF opsega, koje je trebalo istražiti, vezani su za procese pretraživanja i detekcije – otkrivanja novih emisija. U uslovima kada ne postoje informacije o aktivnim emisijama u zadatom frekvencijskom opsegu detekcija se vrši na energetskom principu, na taj način što se postavi prag koji je u funkciji izmerene energije signala u zadatom frekvencijskom opsegu i uporedi energija sa funkcijom praga (slika 2). Izbor vrednosti praga predstavlja ključni problem pri detekciji na ovom principu, pogotovu u uslovima zamiranja signala. S druge strane pri ovom načinu detekcije uvek postoji problem detektibilnosti „slabih“ signala u prisustvu „jakih“ signala. Pri automatskoj detekciji, u uslovima kada ne postoje prethodne informacije o broju i parametrima aktivnih signala i u situaciji kada postoji širok spektar modulacionih tehnika i spektralnih širina emisija, pojavljuje se novi tehnički problem tipa združivanja detektovanih pikova u istu emisiju. Ovaj problem je u literaturi poznat



Sl. 1 – Blok-šema automatizovanog radio-izviđačkog sistema za VF opseg



Sl. 2 – Energetska detekcija signala u VF opsegu na principu praga

kao problem segmentacije spektra ili identifikacije informacionih kanala.

Identifikacija informacionih kanala predstavlja ključni problem automatizacije izviđanja radio-komunikacija. Bez rešenja ovog problema nije moguće automatizovati dalje procese automatskog prepoznavanja tipa modulacije, automatskog prijema, demodulacije i dekodiranja. Takođe, s obzirom da klasične metode za goniometrisanje koje se najčešće primenjuju u VF opsegu (Watson-Watt-ova i inteferometarska) zahtevaju da bude izdvojen informacioni kanal (da goniometar bude podešen na emisiju), nije moguće automatizovati proces goniometrisanja bez prethodnog rešenja problema identifikacije informacionog kanala.
Problem identifikacije informacionih kanala praktično je nerešiv na bazi klasične obrade signala u vremensko-frekvencijskom domenu. Drugim rečima, ovaj problem je praktično nerešiv u izviđačkom sistemu koji je funkcionalno ekvivalentan sa tradicionalnom tehnologijom ručnog ili poluautomatskog izviđanja radio-komunikacija. Problem je rešiv na bazi prostorno-frekvencijske analize signala na taj način što se detektovanim pikovima procesom prostorno-frekvencijske analize pridružuje podatak o smeru dolaska signala, a zatim se po kriterijumu istog smera dolaska signala, detektovani pikovi združuju u istu emisiju. Koncepcija automatizovanog izviđačkog sistema se radikalno menja. Osnovica automatizovanog izviđačkog sistema postaje širokopojasni radio-goniometar koji ima funkcije stanice za presretanje i goniometrisanje signala.

Prvi širokopojasni goniometar ovog tipa realizovala je polovinom 90-tih godina kompanija Telefunken (VKP4000). Za razliku od klasične tehnologije izviđanja, gde se detekcija signala vrši na prislušnim radnim mestima, u ovoj tehnologiji prislušnim radnim mestima se prosleđuju na praćenje emisije koje su prethodno automatski detektovane i goniometrisane. U ovakvom automatizovanom izviđačkom sistemu goniometrisanje postaje deo procesa presretanja. Problem automatske identifikacije informacionih kanala, kao ključni problem automatizacije procesa izviđanja radio-komunikacija, u kasnijim godinama bio je predmet intenzivnih teorijskih i praktičnih istraživanja u Vojnotehničkom institutu.

Koncepcija širokopojasnog multifunkcionalnog radio--goniometra za VF opseg

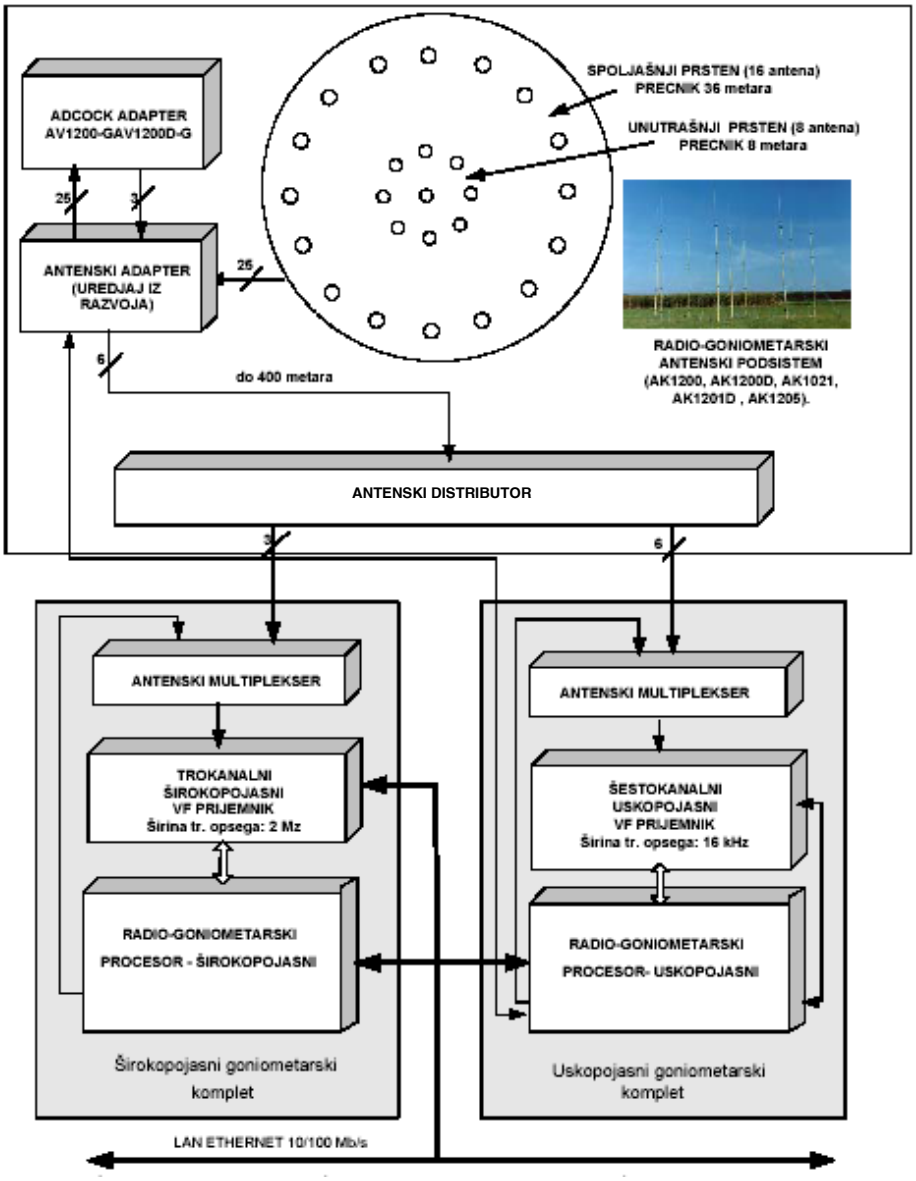
U ovom radu izložena je koncepcija širokopojasnog multifunkcionalnog radio-goniometra za VF opseg u kojem su

integrisane funkcije presretanja i goniometrisanja signala (intercet/DF).

Blok-šema idejnog rešenja širokopojasnog multifunkcionalnog goniometra za VF opseg prikazana je na slici 3.

Koncepcija goniometra iz razvoja treba da zadovolji zahtev multifunkcionalnosti koji se ogleda u:

– postojanju različitih režima rada (širokopojasni i uskopojasni);



Sl. 3 – Blok-šema idejnog rešenja multifunkcionalnog širokopojasnog radio-goniometra za VF opseg

– mogućnosti korišćenja različitih tipova stacionarnih i polustacionarnih antenskih nizova (postojeći antenski nizovi koji se nalaze u operativnoj upotrebi u postojećoj stacionarnoj VF radiogoniometarskoj mreži);

– primeni više različitih metoda za goniometrisanje (metoda MUSIC i Watson Watt-ova metoda);

– mogućnosti pamćenja višekanalno digitalizovanih radio-signala i naknadnog (odloženog) goniometrisanja;

– mogućnost trenutne i naknadne analize signala.

Vršni zahtev iz koga proističe predlog tehničke koncepcije radio-goniometra vezan je za zahtev za širokopojasnim režimom rada. U širokopojasnom režimu rada radio-goniometar treba da omogući automatsko pretraživanje zadatog frekvencijskog opsega, presretanje aktivnih signala i njihovo goniometrisanje, prikaz i sortiranje rezultata presretanja i goniometrisanja po unapred zadatim kriterijumima. Filtrirani rezultati presretanja – goniometrisanja prema zadatom kriterijumu (smer dolaska – prostorni sektor, frekvencija, primarna modulacija,...,) prosleđuju se na prislušna radna mesta gde se vrši prijem, praćenje, memorisanje, demodulacija, dekodiranje, itd.

U širokopojasnom režimu rada goniometar funkcioniše potpuno automatizovano. Ovim režimom rada stanice obezbeđuje se funkcija presretanja radiosignala u VF opsegu sa verovatnoćom presretanja (probability of intercept) koja je bliska jedinici za sve signale čije je trajanje duže od 10-tak ms. To praktično znači da se širokopojasnim režimom rada omogućava potpuni trenutni nadzor VF frekvencijskog opsega u smislu detekcije, otkrivanja i goniometrisanja svih aktivnih signala u VF frekvencijskom opsegu, što postojeća stacionarna radio-goniometarska mreža ne omogućava. Rad širokopojasnih goniometarskih stanica je sličan načinu rada stanica za radio-tehničko izviđanje.

U praksi postoji potreba i za uskopojasnim režimom rada pod kojim se podrazumeva goniometrisanje jedne emisije. Uskopojasni režim rada može se implementirati na hardverskoj platformi širokopojasnog goniometra kao poseban režim rada. Međutim, u tom slučaju goniometar može da radi sekvencijalno u uskopojasnom ili u širokopojasnom režimu rada. Tokom trajanja uskopojasnog režima rada smanjuje se verovatnoća presretanja signala čime se gube osnovne prednosti širokopojasnog režima rada. S druge strane, postavlja se i problem sinhronog rada radio-goniometarske mreže u različitim režimima rada.

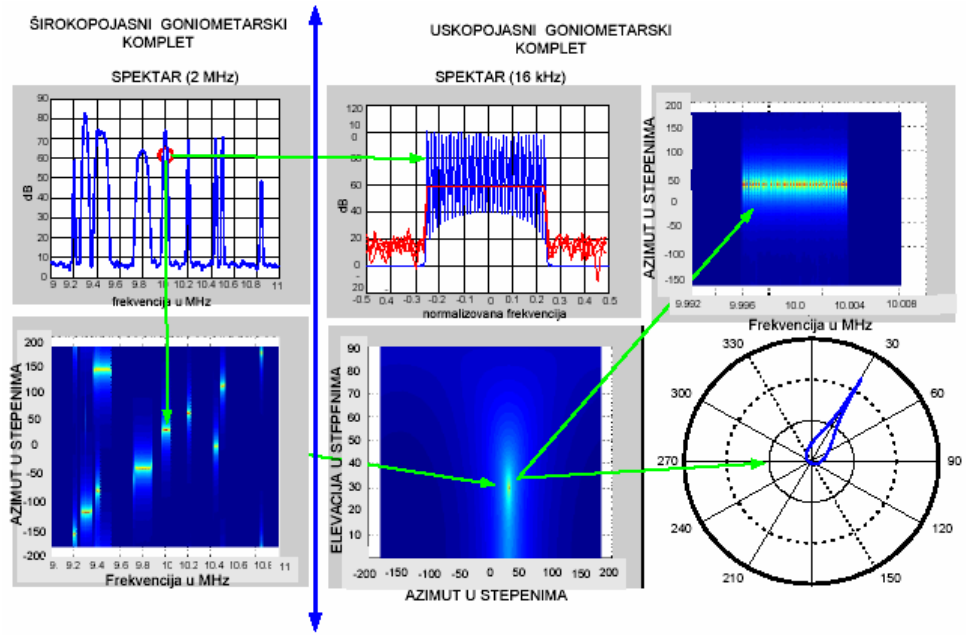
Zbog svega toga planira se da se uskopojasni režim rada realizuje na posebnoj hardverskoj platformi. Dakle, komplet radio-goniometra sastoji se od širokopojasnog i uskopojasnog radio-goniometarskog kompleta koji bi istovremeno obavljali svoje funkcije. Operator inicira rad širokopojasnog goniometra a zatim interaktivno upravlja radom uskopojasnog radio-goniometra i goniometarskom mrežom. Širokopojasni radio-goniometar potpuno automatski obavlja funkcije presretanja sa goniometrisanjem i prosleđuje uskopojasnom goniometru informacije o novim emisijama i njihovim procenjenim

smerovima. Informacije o novim emisijama se filtriraju po dodatnim kriterijumima (prostorni sektor, frekvencija, primarna modulacija, itd.). Osnovni kriterijum za novu emisiju je promenjeni smer dolaska signala. Budući da je trajanje signala u VF opsegu najčešće veće od trajanja opservacionog intervala, pod kojim se podrazumeva vremenski interval u kome se prijemnik zadržava na selektovanom podopsegu (tipično 10 ms) broj novih emisija uvek je manji od broja emisija koje su presretnute u procesu pretraživanja. Ideja je da uskopojasni goniometar goniometriše samo nove emisije. Zahtev za goniometrisanje uskopojasnom goniometru mogu opciono da izdaju i prislušni kompleti po istoj tehnologiji kao do sada.

Operator prati stanje u pogledu pojavljivanja novih emisija na osnovu informacija koje širokopojasni goniometar prosleđuje uskopojasnom i izdaje zahtev goniometarskoj mreži za goniometrisanje uskopojasnih emisija od interesa. Proces goniometrisanja se ponavlja uskopojasnim goniometrisanjem ili se koristi podatak o smeru koji daje širokopojasni goniometar. Pri uskopojasnom goniometrisanju može se izabrati duže trajanje goniometrisanja kako bi se obezbedila veća tačnost. S druge strane, na uskopojasnom goniometru se primenom prostorno-frekvencijske analize tačnije određuju spektralna širina i centralna frekvencija emisije koja se goniometriše. Ovi parametri se dalje koriste u procesu demodulacije emisije koja je od interesa.

Triangulacija smerova dobijenih uskopojasnim ili širokopojasnim goniometrima vrši se na bazi jedinstvene vremenske reference u goniometarskoj mreži. Da bi bila moguća triangulacija smerova koje daju širokopojasni goniometri, oni moraju da obavljaju funkcije pretraživanja sa goniometrisanjem potpuno sinhrono. Taj sinhronizam se obezbeđuje korišćenjem jedinstvene vremenske reference u sistemu koja se zasniva na korišćenju GPS (Global Position System) sistema.

S obzirom na to da će se obezbediti jedinstveno vreme u sistemu, moguće je za lociranje predajnika, pored klasičnog principa triangulacije smerova, primeniti i princip lociranja koji se zasniva na merenju relativnih vremenskih kašnjenja u propagaciji radio-signala između parova radio-goniometara i presecanju hiperpovršina koje odgovaraju istim vremenskim kašnjenjima signala između parova radio-goniometara. Ovaj princip lociranja je manje osetljiv na višestruko prostiranje signala (multipath), koje je tipično za jonosfersko prostiranje VF signala i koje ima za posledicu zamiranje signala (feding). S druge strane, uskopojasni goniometar se vezuje na isti antenski niz na koji se vezuje i širokopojasni, tako da je moguće realizovati prostorno filtriranje signala formiranjem dijagrama usmerenosti antenskog niza čime se povećava odnos signal/šum prijemnog signala i povećava tačnost procene parametara signala i vremenskih kašnjenja. Očekuje se da se kombinacijom navedenih principa lociranja može postići bolja tačnost i pouzdanost određivanja lokacije goniometrisanog predajnika, što će se praktično verifikovati u fazi formiranja goniometarske mreže. Logika rada radio-goniometra prikazana je na slici 4 gde su dati rezultati simulacije koji se zasnivaju na prethodno verifikovanom modelu signala



Sl. 4 – Prikaz logike rada radio-goniometra za VF opseg

na antenskom nizu, i na primeni metode MUSIC za procenu smera, na identičan način kako će biti primenjena u goniometru iz razvoja.

Zaključak

Radio-komunikacije u VF opsegu koriste se za razmenu informacija na velikim udaljenostima van zone optičke vidljivosti. Bez obzira na veoma aktuelan i dinamičan razvitak drugih komunikacionih sistema, kao što su satelitske komunikacije, komunikacije u VF opsegu još dugo će biti aktuelne, pa prema tome biće aktuelan i problem izviđanja VF oprega. U radu je izložen koncept širokopojasnog multifunkcionalnog radio-goniometra koji treba da omogući trenutni i potpuni nadzor (otkrivanje i goniometrisanje) svih aktivnih emisija u kompletnom VF frekvencijskom opsegu koje nisu kraće od 10 ms.

Primenom širokopojasnog multifunkcionalnog radio-goniometra moguće je realizovati novi pristup izviđanja VF frekvencijskog opsega i u potpunosti se menja tehnologija izviđanja VF opsega. U širokopojasnom režimu rada, koji se izvršava potpuno automatski, vrši se presretanje – detekcija i goniometrisanje svih aktivnih radio-signala u celokupnom VF frekvencijskom opsegu, sa verovatnoćom presretanja koja je bliska jedinici. To praktično znači da u ovom režimu rada goniometar obezbeđuje trenutni uvid u stanje u VF frekvencijskom opsegu, otkrivanje i određivanje smera svih aktivnih emisija čije je trajanje veće od 10-tak ms. Podaci o detektovanim emisijama se filtriraju po unapred zadatim kriterijumima kao što su frekvencija, prostorni sek-

tor koji je od interesa, primarna modulacija i šalju uskopojasnom goniometru, i/ili prislušnim radnim mestima.

U uskopojasnom režimu rada vrši se analiza, procena parametara i naknadno uskopojasno goniometrisanje ali samo novih emisija. Određivanje lokacije vrši se samo za nove aktivne predajnike, čime se drastično smanjuju zahtevi u pogledu kapaciteta komunikacionih linkova u radio-goniometarskoj mreži. Prislušnim kompletima se prosleđuju parametri o emisijama koje su po definisanom kriterijumu interesantne za dalje praćenje. Upotrebom ovakvog radio-goniometra značajno se povećava efikasnost goniometrisanja i izviđanja VF opsega.

Literatura:

[1] Monografija: 50 godina Vojnotehničkog instituta, 1998, str. 83.

[2] Erić, M.: Prostorno-frekvencijska analiza radio-frekvencijskog spektra, doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1999.

[3] Program realizacije za razvoj radio-goniometra za VF opseg 1,6–30 MHz, RG-1/VF, VTI, mart 2004.

Miodrag Vujanović,
dipl. inž.
Pavao Begović,
potpukovnik, dipl. inž.
dr Miljko Erić,
pukovnik, dipl. inž.
Vojnotehnički institut,
Beograd
Stojan Ninić,
potpukovnik, dipl. inž.
VP 1120, Beograd

ZAŠTITA OBJEKATA I NADGLEDANJE PROSTORA PASIVNIM MULTISENZORSKIM ELEKTRONSKIM SISTEMIMA

UDC: 621.397 : 621.396.664] : 725.004.4

Rezime:

Analizom savremenih borbenih dejstava uočava se više značajnih karakteristika koje predstavljaju opšte, zajedničko obeležje svih savremenih operacija. Dominantna je, svakako, karakteristika sveobuhvatnosti borbenih dejstava i po prostoru i po vremenu. To znači da za uspešno vođenje savremenih operacija treba, u svakom trenutku, raspolagati pouzdanim podacima o svim aktivnostima u prostoru (kretanje ljudstva, tehnike, njihove pozicije, meteorološki podaci, itd.). Ove podatke generišu, na osnovu odgovarajućih detektovanih parametara, savremeni elektronski multisenzorski sistemi disperzirani u prostoru. U radu su izložene osnovne karakteristike sistema za zaštitu objekata i prostora koji se koriste u savremenim armijama. Dat je prikaz aktivnosti Vojnotehničkog instituta u realizaciji sistema PRESEK, koji je namenjen za perimetarsku zaštitu objekata i prostora. Izložena je i koncepcija novog multisenzorskog sistema za zaštitu objekata i prostora, čiji je osnovni uređaj univerzalna akviziciona platforma, koja treba da prihvati različite vrste pasivnih senzora i omogući pasivno ili aktivno nadgledanje prostora prenosom TV slike.

Ključne reči: zaštita objekata i nadgledanje prostora, pasivni multisenzorski elektronski sistemi, PRESEK, akviziciona platforma, pasivni senzori, TV slika.

SECURITY PROTECTION AND AREA MONITORING BY PASSIVE MULTI-SENSOR SYSTEMS

Summary:

Analyzing modern low level intensity wars and crises, we find some important characteristics that are similar or same for each one. The most dominant are: combat actions in whole space without time limitations which means that, if you want to be successful in predicting enemy's activities, you continually need to know about enemy's activities in battlefield (people moving, moving of armor vehicles, artilleries and their positions, meteorological data, etc.). That kind of data is successfully obtained by passive multi-sensor systems dispersed in space of expected battle. We will introduce the philosophy of modern systems that are in use in NATO armies, activities of Military Technical Institute in realization of such a system named PRESEK, and developing of new passive multisensor system with CCTV.

Key words: security protection and area monitoring, passive multi-sensor acquisition system, acquisition platform, passive sensors, CCTV (close crcuit television).

Uvod

Uspešno vođenje ratnih operacija, antiterorističkih dejstava i drugih vrsta intervencija borbenih jedinica zavisi od raspoloživosti i pouzdanosti podataka o svim aktivnostima u prostoru (kretanje ljudstva, tehnike, njihove trenutne pozicije, meteo podaci, itd.). Ove podatke generišu, na osnovu odgovarajućih detekto-

vanih parametara, savremeni elektronski multisenzorski sistemi disperzirani u prostoru, odnosno sistemi tehničke zaštite objekata i prostora (u daljem tekstu sistem TZOP) u širem smislu.

Osnovna namena sistema TZOP je detekcija (otkrivanje) uzroka narušavanja bezbednosti štićenog objekta i nadgledanog prostora, identifikacija uzročnika (čovek, vozilo i sl.) i određivanje pozicije uzročnika.

Sistem TZOP, u sklopu bezbednosnog obezbeđenja borbenih dejstava (realnih ili vežbovnih), sistemu komandovanja daje podatke koji treba da povećaju efikasnost odlučivanja o preventivnom, ofanzivnom ili odbrambenom dejstvu jedinica. U sklopu antiterorističkih dejstava i dejstava za sprečavanje krimogenih aktivnosti (krijumčarenje narkotika, naoružanja i belog roblja, ilegalna migracija i sl.) sistem TZOP obezbeđuje podatke o tipu uzročnika, a primenom biometrijskih metoda identifikacije i podatke o identitetu osobe koja narušava bezbednost štićenog objekta (npr. granični prelaz, aerodromski ulaz i sl.) i nadgledanog prostora (granični pojas i sl.).

Sistem TZOP može biti stacionaran ili prenosni sa stanovišta vrste, namene, nivoa zaštite i značaja objekta ili prostora koji se štiti.

Stacionarni sistemi TZOP namenjeni su za neprekidni nadzor i sprečavanje neovlašćenog ulaska u štićeni objekat ili prostor, pri čemu se za povezivanje uređaja u sistem koristi fiksna kablovska instalacija. Ovi sistemi omogućavaju stalno praćenje bezbednosnog stanja na objektu zaštite, a u slučaju pokušaja i ulaska nepozvanih lica omogućavaju pravovremenu intervenciju fizičkog obezbeđenja (straža, patrola, interventna jedinica) na lokaciji upada. Ako štićeni objekat nema posadu, obezbeđena je daljinska dojava alarma po PTT liniji najbližoj interventnoj jedinici. Evidentno je da su stacionarni sistemi namenjeni za zaštitu objekata i prostora u miru, dok u toku izvođenja borbenih dejstava bilo koje vrste kablovske komunikacione instalacije postaju prva meta napadača, pa je sistem upotrebljiv samo do trenutka uništenja ove instalacije.

Prenosni sistemi TZOP namenjeni su za zaštitu delova državne granice (uključujući i administrativnu liniju prema KiM u KZB), komandnih mesta u rejonu razmeštaja, vatrenih položaja artiljerijsko-raketnih jedinica, poljskih skladišta municije, MES i pogonskog goriva, ratnih bolnica i drugih osetljivih elemenata borbenog rasporeda jedinica. Ovi sistemi se zasnivaju na radio-vezi kao osnovnom mediju za prenos senzorskih signala ili podataka do centralnog uređaja, a kod prenosnih sistema novih generacija se koristi i satelitska komunikacija. Na ovaj način omogućeno je postavljanje senzora na većim rastojanjima od centralnog uređaja, koji je smešten unutar objekta ili prostora koji se štiti, kao i na prostorima koji su van vidnog polja osmatrača (iza brda, šume, nasipa...).

Trendovi u oblasti sistema TZOP

Stacionarni sistemi TZOP

Prema raspoloživim podacima o iskustvima koje imaju strane armije u oblasti primene sistema TZOP, primena bezbednosnih mera se planira u skladu sa potrebama i zahtevima koji proističu iz

značaja objekta ili prostora koji se štite. Na pristup realizaciji stacionarnih sistema TZOP utiču tip objekta ili materije koji se štite, priroda okoline objekta ili kompleksa, prethodno bezbednosno iskustvo korisnika i procena ugroženosti. Ova zapažanja formiraju osnovu za inicijalnu procenu korisnika. Međutim, retko su dovoljna za razvoj delotvorne konfiguracije sistema TZOP. Priroda i tempo aktivnosti u okolini lokacije ili objekta, fizička konfiguracija lokacije ili objekta, prirodno i urbano okruženje, klimatska kolebanja i varijacije, ali i primena novih ili proverenih tehnologija, faktori su koje treba razmotriti prilikom projektovanja sistema TZOP.

Na realizaciju stacionarnih sistema TZOP utiču i eskalacija terorističkih dejstava u poslednjih petnaest godina (drastični primeri su Njujork 2001. i Madrid 2004. godine), ali i brojni objekti i kompleksi van granica domicilnih država (vojne baze, baze mirovnih misija i kompleksi humanitarnih organizacija, diplomatska predstavništva i kompleksi) za čiju su bezbednost te države odgovorne (SAD, Rusija, države EU i dr.), bez obzira na eventualni privremeni karakter navedenih objekata. Ovaj izazov zahteva dinamičan i kreativan pristup, posebno u domenima perimetarske zaštite i kontrole pristupa osoba. Tipični primeri lokacija (slika 1) na kojima se realizuju stacionarni sistemi TZOP su logistička skladišta, objekti za istovar i održavanje brodova i aviona, objekti za smeštaj ljudstva, komunikacioni centri i komandna mesta.

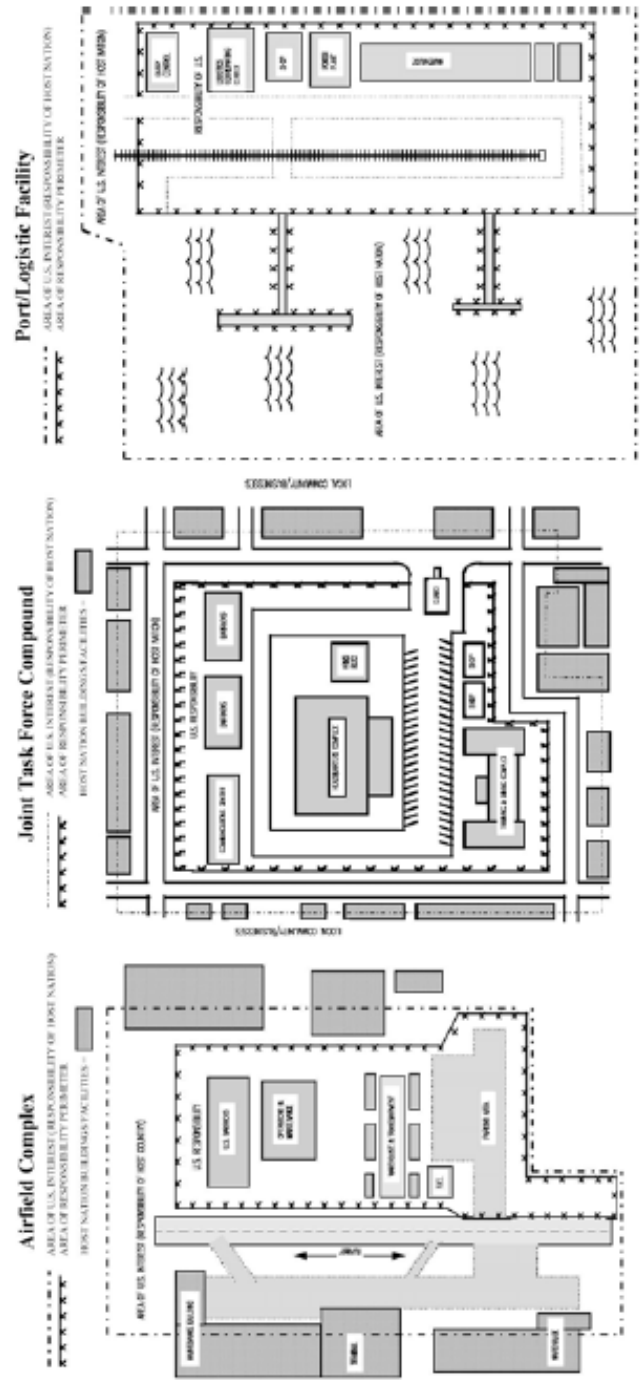
Iako izazovi vezani za kontrolu pristupa osoba i vozila variraju od objekta do objekta, uloga perimetarske zaštite je svugde slična, a to je: odvraćanje, detekcija, dokumentovanje i odbijanje – sprečavanje bilo kojeg upada u štićeni prostor ili objekat. U slučaju objekata ili kompleksa koji su locirani van domicilne države situaciju dodatno komplikuje nemogućnost upotrebe sopstvenih vojnih patrola van perimetra. U takvim situacijama, prostor unutar linije ograde može biti upotpunjen zonom bezbednosne prismotre van ograde (sanitarni koridor), gde je perimetar proširen van ograde sa stanovišta ranog upozoravanja. Ovo je veoma važno u situacijama gde bezbednosne snage države domaćina nisu u stanju da obezbede pouzdanu spoljnu bezbednosnu prismotru ili se kompleks od interesa nalazi u izgrađenim industrijskim, poslovnim, javnim ili rezidencijalnim okruženjima.

U realizaciji stacionarnih sistema TZOP karakteristično je sledeće:

– uglavnom se koriste komercijalno dostupni senzori za perimetarsku zaštitu;

– procesiranje senzorskih signala (inteligencija) koncentrisano je u smeru otklanjanja uticaja okoline (šum, klima, urbana sredina i sl.) koji ometaju osnovnu funkciju senzora, dok je osnovni princip rada, a to je detekcija odstupanja od mirnog – normalnog stanja, ostao nepromenjen;

– kombinuju se perimetarska zaštita, TV nadzor štićenog prostora i objekata pomoću video i termovizijskih kamera i pristupna kontrola osoba i vozila, kod koje je sve izrazitija primena biometrijskih metoda kontrole pristupa osoba (identifikacija, verifikacija i autorizacija osoba na osnovu TV slike lica osobe, otiska prsta, geometrije dlana, karakteristika irisa oka i dr.).



Sl. 1 – Primeri objekata armije SAD u drugim državama koji se štite stacionarnim sistemima TZOP

Biometrijski metodi i uređaji mogu se primenjivati i u sklopu sistema za perimetarsku zaštitu objekata u sklopu kojih se primenjuju TV ili termovizijske kamere kao senzori za nadzor prostora van linije ograde oko objekta.

Prenosni sistemi TZOP

Potreba za prenosnim multisenzorskim sistemima disperziranim u prostoru proistekla je iz mnogih izvornih i specifičnih aplikacija korišćenih od Vijetnamskog rata, rata u Avganistanu, Zalivskog rata pa do savremenih lokalnih ratnih sukoba niskog intenziteta. Ovi sistemi su korišćeni, pored perimetarske zaštite, i za nadzor oblasti u dubini protivničkog borbenog rasporeda (detekcija logističkog saobraćaja i nadzor detektovanih linija snabdevanja). Međutim, navedeni sistemi tipično su bili veliki, skupi i ograničeni u pogledu osetljivosti i mogućnosti pouzdane identifikacije ciljeva.

Savremeni trendovi u ovom domenu vode ka minijaturizaciji i povećanju funkcionalnosti elemenata koji čine jedan prenosni multisenzorski sistem, a to su senzori, sa pratećom akvizicionom i komunikacionom elektronikom, i odgovarajući procesorski prijemni uređaji.

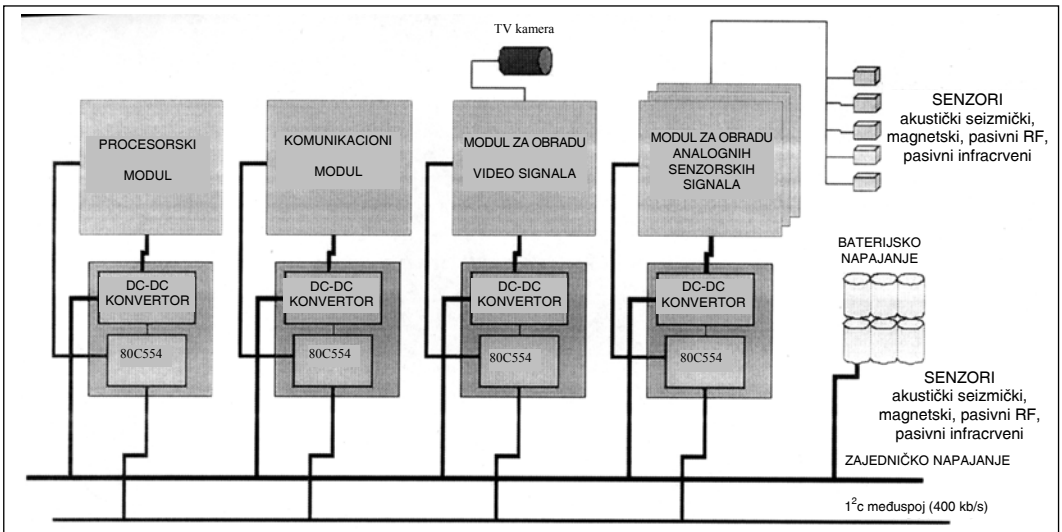
Cilj savremenih istraživačkih i razvojnih aktivnosti u svetu je tehničko rešenje minijaturnih, potrošnih („postavi i zaboravi“) i jeftinih senzora namenjenih za izvršenje širokog spektra zadataka. Njihova osnovna namena, na nivou taktičkih jedinica, je postavljanje na određenom opsegu perimetra po dubini borbenog poretka, detekcija zvuka i pokreta, a u novijim rešenjima i generisanje TV slike štićenog perimetra. Savremena senzorska rešenja imaju mogućnost obrade signala i prenosa podataka o aktivnostima protivnika, ali i podatke o uslovima zemljišta, klime (temperatura, padavine) i lokalnim aktivnostima okoline (peščane oluje, plima i oseka mora i sl.), prema prijemnom uređaju korisnika posredstvom RF ili satelitskog linka, odnosno bežično (slika 2).

Ove informacije neophodne su svim nivoima komandovanja radi donošenja odluka o vremenu i mestu izvođenja borbenih dejstava, pravcima prohodnosti vozila i primeni posebne opreme. Disperzija senzorskih mreža duboko u oblast borbenog poretka protivnika omogućava pokrivanje delova prostora (džepova) koje nije moguće osmatrati radarom ili termovizijski. Sama disperzija senzorske mreže na željenoj lokaciji vrši se korišćenjem specijalne artiljerijske municije, padobranima ili je jedan od osnovnih zadataka izviđačkih jedinica koje operišu po dubini borbenog poretka protivnika.

Razmatraju se i rešenja multisenzorskih predajnih platformi, zasnovanih na multikontrolerskom pristupu (slika 3), koje bi na jednoj lokaciji prihvatale i vršile obradu signala sa više senzora različitog tipa koji su na njoj raspoređeni, a zatim podatke, putem RF ili satelitskog linka prosleđivale prijemnom uređaju. Time bi se omogućila pouzdana identifikacija uzroka pobude i znatno olakšalo delovanje korisnika ovih podataka.

Prijemnici senzorskih signala na taktičkom nivou ne smatraju se potrošnim uređajima i predviđa se da ih bude nekoliko na nivou jedinice ranga voda. Jedno od mogućih rešenja prijemnog uređaja je ručni personalni računar PAQ firme COMPAQ koji za ovu primenu funk-

Sl. 2 – Savremena senzorska mreža za prošireno vojište namenjena vojniku 21. veka



Sl. 3 – Predlog rešenja multikontrolerske multisenzorske platforme

cioniše pod operativnim sistemom LINUX (slika 4).

Taktički perimetarski senzori još su u početnim fazama praktične upotrebe, a ispitivanja su pokazala da je desetak ovakvih senzora potrebno za pouzdano obezbeđenje perimetra za individualne taktičke jedinice. Ove male senzorske mreže mogu se koristiti primenom konvencionalnih tehnika multipleksiranja. U teh-

Sl. 4 – Savremeni prijemni uređaj za taktički nivo jedinica

ničkom smislu najizazovnija aplikacija je realizacija velike distribuirane nenadzirane zemaljske senzorske mreže. Kako su funkcije senzora i mrežne aktivnosti postale komplikovanije, zahtevi u pogledu pretprocesiranja podataka suštinski su za izbegavanje informativnog preopterećenja nosilaca odlučivanja. Napredak u domenu nenadziranih senzorskih mreža, odnosno prenosnih sistema TZOP budućnosti, je u primeni elektronskih uređaja male potrošnje energije i tehnologije bežičnog prenosa podataka, što i u razvijenim zemljama, kao što su SAD i države EU, zahteva značajna ulaganja u projektovanje i razvoj ovih sistema.

Iskustva VTI u istraživanju tehničkih rešenja i razvoj uređaja i sistema TZOP

Istraživanja tehničkih rešenja u oblasti stacionarnih sistema TZOP se u VTI vrše od 1984. godine. U okviru planiranih istraživačkih aktivnosti realizovana su sledeća koncepcijska i tehnička rešenja:

– integrisani stacionarni sistem TZOP, kodni naziv STZOP i podsistem za upravljanje integrisanim stacionarnim sistemom TZOP, kodni naziv MPC, kroz koje su realizovani funkcionalni modeli centralnog računarskog sistema i procesorskih uređaja za integraciju perimetarske zaštite, protivprovalne zaštite (uređaj TES) i kontrole pristupa osoba (uređaj TEK);

– softverski simulator stacionarnih sistema TZOP;

– podsistem za pristupnu kontrolu osoba, kodni naziv POPKONO, koji je kao funkcionalni model eksploataciono ispitivan u VTI, od 1988. do 1993. godine;

– podsistem za TV nadzor, koji je kao funkcionalni model ispitivan tokom 1990. godine i funkcionalni model videokomutacionog uređaja VK;

– modifikacija senzora usvojenih u NVO (mikrotalasni M-2, vibracioni DVD2/25, triboelektrični kablovski TED) radi povezivanja sa uređajem TES.

Većina ovih rešenja primenjena je tokom razvoja sledećih uređaja koji ulaze

u sastav integrisanog stacionarnog sistema TZOP:

– uređaja MPC, uređaja TES i uređaja TEK (prototipska partija usvojena u NVO 1992. godine);

– zamena računarske konfiguracije iz uređaja MPC personalnim računarom (prototipska partija usvojena 1995. godine).

Započete realizacije razvoja uređaja VK i nulte serije uređaja MPC, TES i TEK prekinute su zbog nedostatka finansijskih sredstava za NIR, i zbog nemogućnosti kooperanta Ei PE iz Niša da zbog sopstvenih kadrovskih i finansijskih problema završi započete aktivnosti. Stečena iskustva i definisana koncepcija integracije stacionarnih sistema TZOP omogućili su timu stručnjaka iz VTI da projektuju i učestvuju u realizaciji više sistema ovog tipa, korišćenjem komercijalno dostupnih senzora, uređaja i softverske podrške, na objektima posebne namene od 1997. godine kao i da započne istraživanja u domenu primene biometrijskih metoda u realizaciji sistema TZOP (posebno podsistema za pristupnu kontrolu osoba). Ovim treba da se premosti evidentan tehničko-tehnološki zaostatak u domenu projektovanja i razvoja savremenih stacionarnih sistema TZOP.

Istraživanja tehničkih rešenja prenosnih sistema započeta su 1988. godine, a njihov rezultat su funkcionalni model procesora seizmičkih signala (kodni naziv PSS) i više funkcionalnih modela piezoelektričnih senzora sa pratećom analognom elektronikom za predobradu senzorskih signala. Na osnovu ovih rezultata započet je 1994. godine razvoj prenosnog sistema za identifikaciju kretanja, kodni naziv PRESEK.

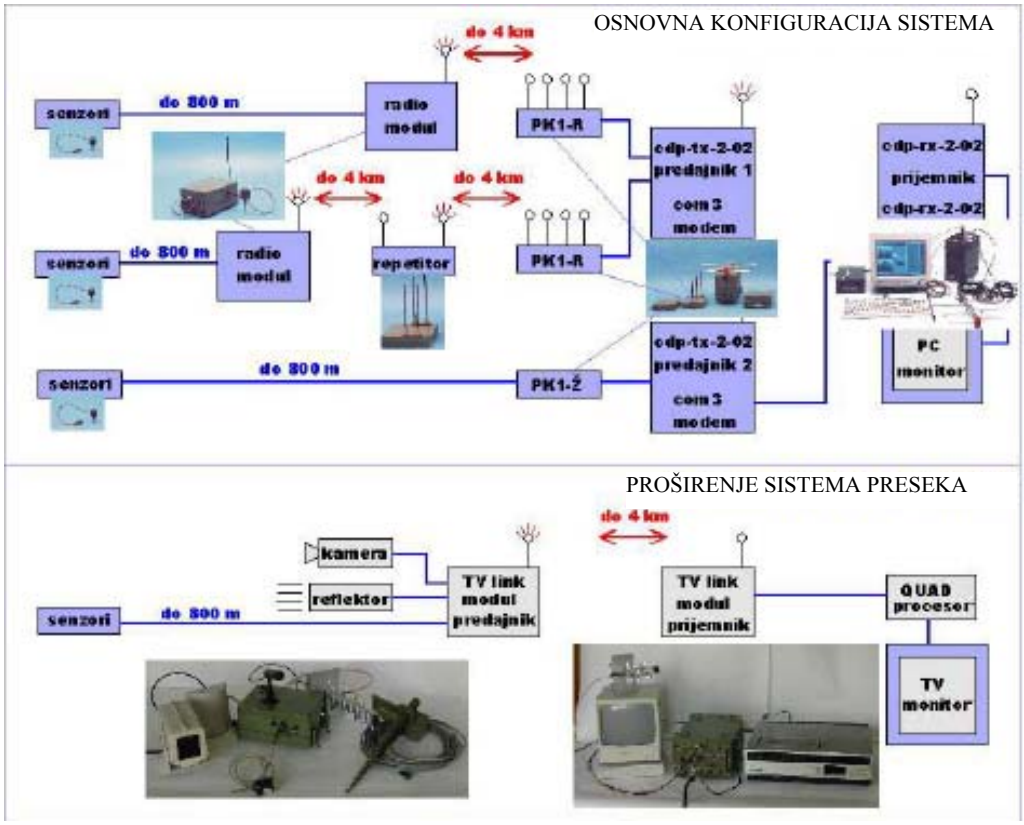
Sistem PRESEK

Sistem PRESEK (slika 5, proširena konfiguracija) namenjen je za tehničku zaštitu objekata i prostora, odnosno komandnih mesta, stacionarnih i pokretnih centara veze, jedinica na logorovanju i zastanku, državne granice, skladišta municije i materijalno-tehničkih sredstava, goriva, vojnih bolnica, aerodroma i dr. pri čemu omogućava: otkrivanje uzročnika pobude (jednog ili više), identifikaciju uzročnika (u smislu distinkcije pešak ili vozilo) i određivanje pozicije pobude u zaštićenom prostoru.

Senzorski podsistem sistema PRESEK u osnovi se sastoji od pasivnih senzora-detektora vibracija-geofona DV-1, primopredajnika PRESEK D i komunikacionih modula (radio-modul, repetitor, priključne kutije PK1-Ž i PK1-R). Analizom geofonskih signala u primopredajniku PRESEK D vrši se detekcija i identifikacija uzročnika pobude.

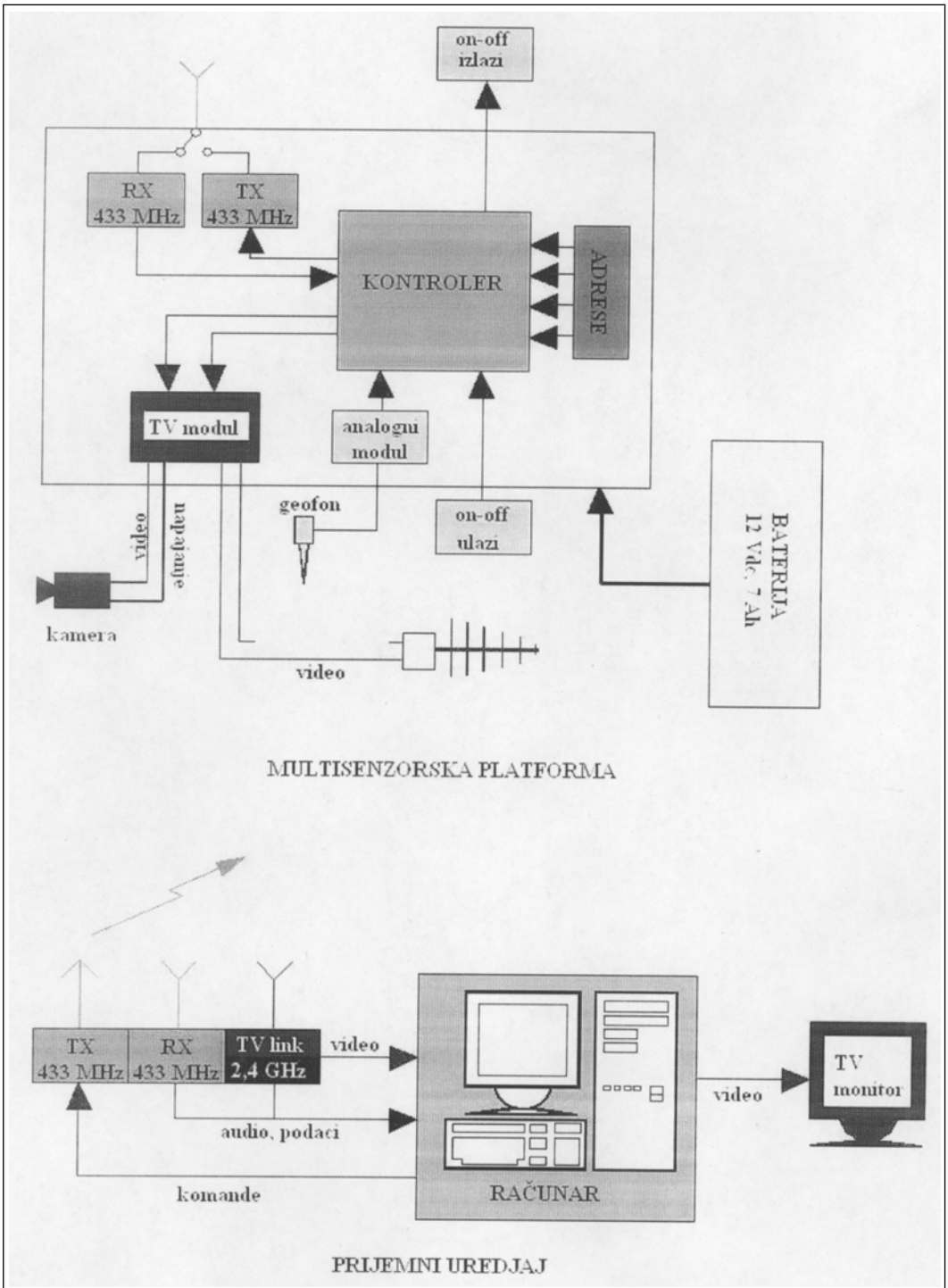
Radio-senzor PRESEK-RS takođe u osnovi ima ovaj tip senzora samo što se senzorski signali prenose radio-putem, od radio-modula direktno ili preko repetitora, do priključne kutije PK1-R primopredajnika PRESEK D. Primopredajnik PRESEK D povezan je žičnim (preko modema) ili radio-putem (preko svog radio-modula) sa prijemnikom PRESEK P iz sistema PRESEK gde se vrši prikaz signala. Prijemnik je deo sistema PRESEK koji ima zadatak da primljene podatke iz primopredajnika obradi i prikaže na standardnom VGA ili LCD (TFT) monitoru, a po zahtevu podaci se mogu štampati.

Mobilnost i brza rekonfiguracija sistema zasnovani su, pre svega, na



Sl. 5 – Blok-šema realizovane proširene (dodatkom kamere i TV linka) konfiguracije sistema PRESEK

bežičnom prenosu senzorskih signala – podataka i TV slike. Na ovaj način moguće je detektovati pobude sa tačkastih lokacija koje su udaljene do 4 km od primopredajnika PRESEK D, a sa upotrebom repetitora domet se duplira, s tim da postoji optička vidljivost između antena na predajnoj i prijemnoj strani. Video nadzor tačkaste lokacije moguć je na daljini od 4 km od prijemnog uređaja TV signala koji se postavlja uz prijemnik PRESEK P, u proširenoj konfiguraciji sistema namenjenoj za trupna ispitivanja. Primenom raspoloživog broja žično povezanih senzora iz osnovnog kompleta sistema PRESEK moguće je zaštititi perimetar dužine 1,2 km i širine do 50 m, dok se sa proširenim kompletom može ostvariti zaštita perimetra dužine oko 3 km (širinu diktira osetljivost detekcije geofona koja varira u zavisnosti od tipa tla: oko 10 m za tvrde podloge pa do 100 m za pesak). Svi navedeni parametri potvrđeni su kroz brojna opitno-eksploataciona ispitivanja. Ovde treba napomenuti da je platforma sa TV linkom istovremeno i prvi funkcionalni model multisenzorske platforme, s obzirom da omogućava povezivanje geofona, pasivnog infracrvenog senzora kretanja, deonice aktivne infracrvene barijere iz kompleta uređaja ICO i TV kamere.



Sl. 6 – Blok-šema novog multisenzorskog distribuiranog sistema TZOP

Koncepcija multisenzorskog distribuiranog prenosnog sistema TZOP

Na osnovu rezultata dostignutih u sistemu PRESEK, a u skladu sa trendom realizacije sistema za elektronsko nadziranje prostora, izvršena je modifikacija radio-senzora iz kompleta sistema PRESEK u multisenzorsku akvizicionu radio-platformu sa TV kamerom i TV linkom za prenos slike, koja može da prihvati signale sa više različitih pasivnih ili aktivnih senzora. Ispitivanje ovako modifikovane radio-platforme integrisane u sistem PRESEK potvrdilo je ispravnost koncepta, pa je pokrenut novi razvoj sistema TZOP na bazi multisenzorske akvizicione radio-platforme kao osnovnog uređaja (slika 6).

Osnovni taktičko-tehnički zahtevi koje treba da zadovolji nova akviziciona multisenzorska radio-platforma su:

– što manje dimenzije;

– zadovoljenje klimomehaničkih zahteva za uslove K3;

– minimalna autonomija rada koja je taktički prihvatljiva;

– multikontrolersko upravljanje i obrada senzorskih signala na nivou platforme;

– mogućnost priključenja aktivnih i pasivnih senzora koji rade na različitim fizičkim principima (elektromehanički, optoelektronski, akustički, elektromagnetski, itd.);

– poludupleksna radio-komunikacija sa centralnom stanicom radi upravljanja radom platforme, senzora, prenosa TV slike i priključene periferije;

– prenos TV slike posebnim TV linkom na učestanosti koja je različita od osnovne komunikacione učestanosti radio-platforme.

Ovako definisana multisenzorska akviziciona platforma sa svojim periferijskim okruženjem, predstavlja osnovnu ćeliju sistema koji bi se sastojao od više multisenzorskih akvizicionih platformi i odgovarajućeg centra za nadgledanje u koji se slivaju podaci sa svih akvizicionih platformi kao i TV slike štićenog prostora.

Svaka ćelija, postavljena na terenu, je u režimu čekanja, pri čemu su aktivni samo neophodni podsistemi: komunikacioni podsistem i senzorski podsistem. U trenutku aktiviranja senzorskog podsistema kontrolerski podsistem procenjuje i odlučuje o aktiviranju predajnog dela komunikacionog podsistema i slanju podataka o aktivnosti u zoni reagovanja priključenih senzora. Po dobijanju potvrde iz centra, koja može da bude automatska ili na osnovu odluke operatera sistema, kontroler aktivira TV kameru i TV link za prenos slike štićenog prostora u centar. Osim upravljanja sistemom, u centru se memorišu svi podaci dobijeni od multisenzorskih akvizicionih platformi kao i TV signali štićenog prostora, i omogućava prosleđivanje informacija drugim korisnicima posredstvom žične ili bežične LAN/WAN računarske mreže.

Zaključak

Na osnovu analize trendova u domenu savremenih sistema TZOP, stacionarnih i prenosnih, može se zaključiti da u pogledu koncepcije sistema ne zaostajemo za svetskim rešenjima. Evidentno tehničko-tehnološko zaostajanje delimično je moguće nadoknaditi primenom

kvalitetnih komercijalnih senzora, komunikacionih uređaja i softverske podrške, koji, uz odgovarajuće dorade u potpunosti mogu da zadovolje postavljene taktičko-tehničke zahteve i za stacionarne i za prenosne sisteme.

U radu su pregledno izloženi istraživački i razvojni rezultati koje je VTI u saradnji sa svojim kooperantima postigao tokom dve decenije rada u domenu sistema TZOP. Naznačeni su i dalji pravci istraživanja i razvoja, koji se odnose na primenu biometrijskih metoda u realizaciji stacionarnih sistema TZOP, posebno u domenu kontrole pristupa osoba, i u razvoju nove multisenzorske akvizicione platforme za multisenzorski prenosni sistem. Veći deo taktičko-tehničkih zahteva za multisenzorsku akvizicionu platformu, kao osnovni uređaj novog sistema je proveren kroz model koji je integrisan u postojeći sistem PRESEK. Rezultati su pokazali opravdanost uvođenja prenosa TV slike štićenog prostora kao najkompletnije informacije za odlučivanje, pri čemu se odluka donosi na nivou centra, što pojednostavljuje i pojeftinjuje senzorski podsistem i podsistem za upravljanje na nivou akvizicione platforme. Takođe, jasno je da pouzdan rad sistema počiva na kvalitetnoj komunikaciji koja treba da zadovolji više tehničkih zahteva (više radne frekvencije, što manja snaga zračenja, uska usmerenost zračenja), ali i na doslednom poštovanju zahteva i taktičkih radnji propisanih za postavljanje i rad sa ovakvim sistemom.

Problematika izložena u ovom radu vezana je za tekuće istraživačko-razvojne zadatke u Vojnotehničkom institutu iz oblasti sistema za zaštitu objekata i prostora, i to: razvoj sistema PRESEK (faza završnih ispitivanja), razvoj multisenzorskog sistema za zaštitu objekata i prostora (faza izrade Programa realizacije), i istraživanje tehničkih rešenja za primenu biometrijskih metoda i uređaja u sistemima TZOP (faza izrade Programa realizacije).

Literatura:

[1] Koenig, A. J.; Taylor, L.: Perimeter security sensor technologies handbook, DARPA, NISE East 1997.
[2] Srour, N.: Army acoustics needs, US Army Research Laboratory 1999.
[3] Riley, R., Pads algorithms, USC Information Sciences Institute 2000.
[4] Parker, R.: Distributed sensors group goals, metrics and challenges, USC Information Sciences Institute 2000.

Dmitar Stevanović,
potpukovnik, dipl. inž.
dr Miljko Erić,
pukovnik, dipl. inž.
Vojnotehnički institut,
Beograd
profesor dr Dušan Starčević,
dipl. inž.
Fakultet organizacionih nauka,
Beograd

KONCEPT AD HOC KOMUNIKACIONIH MREŽA ZA POVEZIVANJE SENZORA U OKVIRU KOMANDNO-INFORMACIONIH SISTEMA

UDC: 623.611 : 681.324

Rezime:

U radu je razmatrana mogućnost primene ad hoc mobilnih komunikacionih mreža za povezivanje senzorskih sistema, kao čvornih izvora informacija i kao čvornih elemenata komunikacione mrežne infrastrukture u okviru komandno-informacionog sistema. Korak u evoluciji bežičnih komunikacija predstavljaju ad hoc mreže koje se javljaju u obliku grupa prenosnih računara, mobilnih telefonskih uređaja, personalnih digitalnih asistenta i sličnih korisničkih uređaja, kao i u obliku mreže autonomnih elektronskih senzorskih uređaja. Osnovnu karakteristiku svake ad hoc mreže predstavlja uspostavljanje komunikacije između mrežnih čvorova bez unapred postavljene fiksne mrežne infrastrukture. Umesto mreže fiksnih čvorova i baznih stanica, karakterističnih za postojeću bežičnu mrežnu infrastrukturu, nosilac komunikacije postaje mreža čvornih sofisticiranih senzorskih uređaja – stanica. Mogućnost eliminisanja potrebe fiksne komunikacione infrastrukture u sistemima obezbeđenja i kontrole teritorije od izuzetnog je značaja u vojnim primenama, posebno sa aspekta pripreme i vođenja savremenih operacija. Praćenje situacije u vazdušnom prostoru na osnovu vizuelnih osmatračkih i zvukometrijskih stanica, senzorska zaštita objekata i prostora i prikupljanje relevantnih informacionih podataka predstavljaju samo neke od primera praktične primene ad hoc mreža.

Ključne reči: bežične mreže, bežične računarske mreže, ad hoc mreže, senzorske mreže.

A CONCEPT OF AD HOC COMMUNICATION NETWORKS FOR THE SENSORS NETWORKING IN COMMAND CONTROL SYSTEMS

Summary:

The application possibility of ad hoc mobile communication network for connecting sensor systems, as node sources of information and as node elements of communication network's infrastructure, in command information system is presented in this paper. The next step in wireless communication evolution is ad hoc networks, which appear in the form of groups of mobile computers, mobile phone devices, personal digital assistants and in the form of a network of autonomy electronically sensors devices. The basic characteristic of every ad hoc network is establishing communication between network nodes without fixed network infrastructure, established in advance. Instead of fix network nodes and basic stations, that are typical of available wireless networks infrastructure, network of nodes of sophisticated sensors devices (stations) became most important for communication. Possibility of eliminating the need for fixed communication infrastructure in security systems and systems for territory control, is very important in military, especially for the preparation and leading of modern operations. Some of the examples for practical application of ad hoc networks are: air surveillance system based on visual surveillance and acoustic-metric stations, sensor systems for protection of objects and space and collection of relevant information data.

Key words: wireless networks, computer networks, ad hoc networks, sensor networks.

Uvod

Komandno-informacioni sistemi na taktičkom nivou oslanjaju se na korišćenje radio-komunikacija i razvijenu mrežnu infrastrukturu. Pouzdanost sistema je povećana uvođenjem novih tehnika prenosa (prenos u proširenom spektru DS, FH) ali je još uvek zavisna od funkcionisanja mrežne infrastrukture i postaje veoma nesigurna i ranjiva na izviđanje i ometanje u toku priprema i izvođenja operacija. U novije vreme, napretkom novih komunikacionih i informacionih tehnologija pojavljuju se novi koncepti komunikacionih struktura koje su robustnije, pouzdanije i fleksibilnije (samoorganizujuće), posebno u taktičkim i operativnim uslovima upotrebe, u kojima posebno mesto dobijaju bežične ad hoc komunikacione mreže.

U protekloj deceniji, jedno od najatraktivnijih poglavlja u računarskoj tehnologiji i komunikacijama predstavljale su bežične tehnologije, koje su za vrlo kratko vreme privukle brojne korisnike, pretrpele brojne modifikacije i transformacije uključujući i implementaciju bežičnog Interneta [1]. Osnovu popularnosti bežičnih mreža donela je pogodnost njihovog korišćenja, mobilnost učesnika i prihvatljiva cena realizacije bežičnih mreža. Osnovno sredstvo, odnosno sve što je potrebno za povezivanje na računarsku mrežu postaje „laptop“ računar, personalni digitalni asistent (PDA), mobilni telefon...

Šta je to što su donele nove tehnologije u pogledu računarskih mreža? Bežične mreže slične su drugim računarskim mrežama – omogućavaju priključenje računara i računarski upravljanih uređaja na računarsku mrežu. Osnovna razlika je u načinu konekcije, nema potrebe za uspostavljanjem fizičke žičane konekcije, nema razvlačenja kablova. Promenjen je prenosni medijum – sve bežične tehnologije koriste radijski deo elektromagnetnog spektra. Izostanak fizičke konekcije omogućio je korisnicima da se kreću u prostoru i da rade kako žele uz pun pristup računarskoj mreži. Naravno, ova pogodnost donela je s druge strane povećane probleme u konceptu sigurnosti i zaštite podataka. Za razliku od žičanih mreža koje mogu biti fizički zaštićene i sa lako izvodljivom kontrolom pristupa, bežične mreže se vrlo teško štite. Prenosni medijum je otvoren za proizvoljan pristup, i paketi podataka su dostupni svima koji raspolažu potrebnom opemom da iz radio-signala prihvate podatke i dekoduju informaciju. Sva zaštita informacija počiva na kriptovanju što s jedne strane utiče na povećanje cene realizacije mreže, a s druge strane utiče na smanjenje ukupnih performansi mreže [2]. Pokretljivost učesnika prouzrokuje još jedan problem koji nije bio prisutan u žičnim mrežama, a to je problem autonomnog napajanja električnom energijom elemenata mreže, i iznalaženja novih tehnologija konzervisanja energije, „inteligentnih“ algoritama potrošnje i „štedljivih“ potrošača [3].

Klasifikacija bežičnih mreža

Bežične mreže se mogu klasifikovati u dve osnovne kategorije [4]:

– infrastrukturno zasnovane bežične mreže:

  – celularne mobilne mreže (mobilna telefonija),

  – bežične računarske mreže;

– ad hoc bežične mreže kao mreže koje ne zahtevaju bilo kakvu infrastrukturu za rad:

– mobilne ad hoc mreže,

– senzorske ad hoc mreže (mreže autonomnih senzorskih uređaja).

Bežične računarske mreže mogu se podeliti u tri osnovne grupe.

Bežične mreže na daljinu (Wireless Wide Area Network – WWAN), koje pokrivaju relativno velike geografske prostore i koriste radio i satelitske linkove. Obično se koriste za pokrivanje velikih univerzitetskih centara i gradova. U principu su fleksibilnije, jednostavnije za instaliranje i održavanje, i jeftinije po ceni priključka nego tradicionalne žične mreže.

Lokalne bežične mreže (Local Area Network – WLAN) omogućavaju da računari na jednoj geografskoj lokaciji dele informacije i zajedničke uređaje (štampači, baze podataka). Omogućeni su isti servisi kao i u žičnim mrežama. Imaju niz prednosti u odnosu na žični LAN – mobilnost, fleksibilnost, skalabilnost, brzina protoka, jednostavnost i smanjenje troškova instalacije. Neophodne su u situacijama kada, zbog arhitektonskih, geografskih ili drugih razloga, nije moguće ostvariti druge načine formiranja mreže. U osnovi, bežične mreže zahtevaju određenu infrastrukturu: bežične PC kartice u umreženim računarima, pristupnu tačku (Access point), bežični PC adapter i mrežnu konekciju za pristupnu tačku. Potrebna je samo jedna pristupna tačka za jednu WLAN konekciju. Ograničavajući faktor primene je relativno kraći domet veze (30–300 m) i frekvencijski opseg. Ako je potrebno premostiti veća rastojanja koriste se dodatne antene sa pojačivačima za podizanje nivoa signala.

Personalizovane ili lične mreže (Personal Area Network – PAN) su mreže koje omogućavaju komunikaciju prvenstveno elektronskih uređaja unutar prostora od nekoliko metara i razmenu komunikacionih i sinhronizacionih informacija. Tu su pre svega infracrvene mreže (Infrared) za konekciju elektronskih uređaja na vrlo kratkim rastojanjima u okviru ograničene radne prostorije i blutut (Bluetooth) mreže. Blutut tehnologija je zasnovana na principu ugradnje pojedinačnih elekronskih modula (čipova) u elektronske uređaje koji omogućavaju bežičnu komunikaciju između njih, a mogu se i računari sa blutut modulima priključiti na Internet. Blutut koristi frekvencijski opseg 2,402–2,480 GHz, u režimu frekvencijskog skakanja (frequency hopping) do 1600 hop/s, sa standardnom brzinom protoka podataka od 720 kb/s i ograničenim dometom od 10 cm do 10 m [5]. Podržava „point-to-point“ i „point-to-multipoint“ konekciju. Blutut komponente na jednoj mikrolokaciji čine tzv. pikonet (pickonet*)* sa sopstvenom šemom frekvencijskog skakanja, a mreža se formira povezivanjem dva pikoneta. Blutut komponente su našle široku primenu u senzorskim mrežama (očekuje se da će blutut tehnologija 2005. biti ugrađena u preko 670 miliona uređaja) [6].

WLAN standardi IEEE 802.11x

Standardizacija u bežičnim lokalnim računarskim mrežama definisana je od strane IEEE.802.11 radne grupe. WLAN je pokriven sa tri varijante standarda: 802.11b, 802.11a i 802.11g [2].

Prvi standard 802.11b pojavio se 1999. godine. Definiše mrežne uređaje za

rad u frekvencijskom opsegu 2,4 do 2,4835 GHz, sa brzinama prenosa do 11 Mb/s (mogućnost rada sa smanjenim brzinama 1, 2 i 5,5 Mb/s pri većim interferencijama i slabljenju signala).

Standard 802.11a (2001) povećao je brzinu prenosa do teorijskog maksimuma od 54 Mb/s i definiše rad u različitim frekvencijskim opsezima 5,15–5,35 GHz i 5,725–5,825 GHz (rad u različitim opsezima nije kompatibilan sa standardom 802.11b).

Standard 802.11g obezbeđuje kompatibilnost sa 802.11b hardverom za rad u frekvencijskom opsegu 2,4 GHz, ali sa brzinama prenosa do 54 Mb/s po standardu 802.11a.

Bežične ad hoc mreže

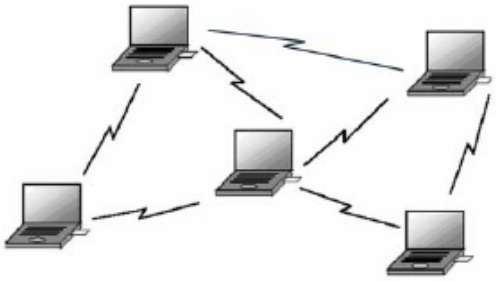
Bežične ad hoc računarske mreže, za razliku od standardnih bežičnih mreža, ne zahevaju postojanje fiksne infrastrukture za rad, i pogodne su za organizaciju i uspostavu mrežne komunikacije i u uslovima kada je infrastruktura bežičnih mreža oštećena ili uništena (spasilačke akcije, zemljotresi, poplave, ratna razaranja, ratna dejstva, što znači da se komunikacija mora uspostaviti i bez prethodnog organizovanja komunikacione infrastrukture.

Ad hoc bežične mreže su po definiciji mreže dinamičkih autonomnih mrežnih čvorova koji komuniciraju jedni s drugima formirajući „multihop“ radiomrežu i održavajući konektivnost u decentralizovanoj strukturi upravljanja. Čvorovi se mogu lako i brzo priključiti ili isključiti iz mreže, mreža je mobilna a prenosni medijum je javni. Čvorovi komuniciraju preko bežičnog linka, u ambijentu radio-veze uz prisustvo šuma, fedinga i interferencije signala. Pored toga linkovi imaju obično uži propusni opseg nego u fiksnim mrežama [1]. Svaki čvor u bežičnoj ad hoc mreži funkcioniše i kao „host“ i kao ruter, a upravljanje mrežom je distribuirano na mrežne čvorove. Mrežna tehnologija je dinamična zato što povezanost čvorova u mrežu može da se menja sa vremenom – tako što neki čvorovi mogu ispasti iz mreže zbog neispravnosti, gubitka energije ili uništenja, u mrežu se u toku rada mogu povezati novi čvorovi, a tu je i verovatna prisutnost mobilnih (pokretnih) čvorova koji zbog dinamike svog položaja mogu iskakati i vraćati se u mrežu.

U ad hoc mrežama poruka se prenosi (propagira) kroz mrežu koristeći čvorove kroz koje prolazi kao kroz spojnice (svičeve), što zahteva od svakog čvora da mora imati mogućnost rutiranja. Poruka se efektivno prenosi sa jednog mobilnog čvora na drugi, bez potrebe za pristupnim tačkama i drugim mrežnim elementima strukturiranih bežičnih mreža. Time se omogućuje da mrežni čvorovi mogu da komuniciraju na daleko većem rastojanju od svog dometa, zahvaljujući prisustvu drugih mrežnih čvorova koji su u dometu izvorišnog čvora i koji žele ili mogu da pošalju dalje primljeni paket, prosleđujući ga do njegovog odredišta. Dolazi do pojave višestrukih bežičnih skokova, jer paket prelazi sa jednog mobilnog čvora na drugi sve dok ne stigne na odredište pa odatle i ime – multi hop po putanjama, odnosno kroz privremeno formiranu ili ad hoc mrežu. Veličina i prostornost ad hoc mreža varira značajno sa karakteristikama prenosnog medijuma i primenjenim protokolom rutira-

nja. Ad hoc mreže su naročito pogodne za aplikacije koje zahtevaju od korisnika da komuniciraju upotrebom mobilnih uređaja (PDA, laptop, mobilni telefon) (slika 1). Osnovne prednosti ovakvog pristupa su jednostavnost instalacije i nadogradnje, skromni zahtevi za servisima postojeće infrastukture, niska cena, jednostavno održavanje i velika fleksibilnost [1].

Osnovna razlika između opisanih mobilnih i ranije pomenutih senzorskih ad hoc mreža je u tome što je kod senzorskih mreža krajni cilj detekcija–estimacija nekih događaja od interesa, a kod mobilnih ad hoc mreža komunikacija.

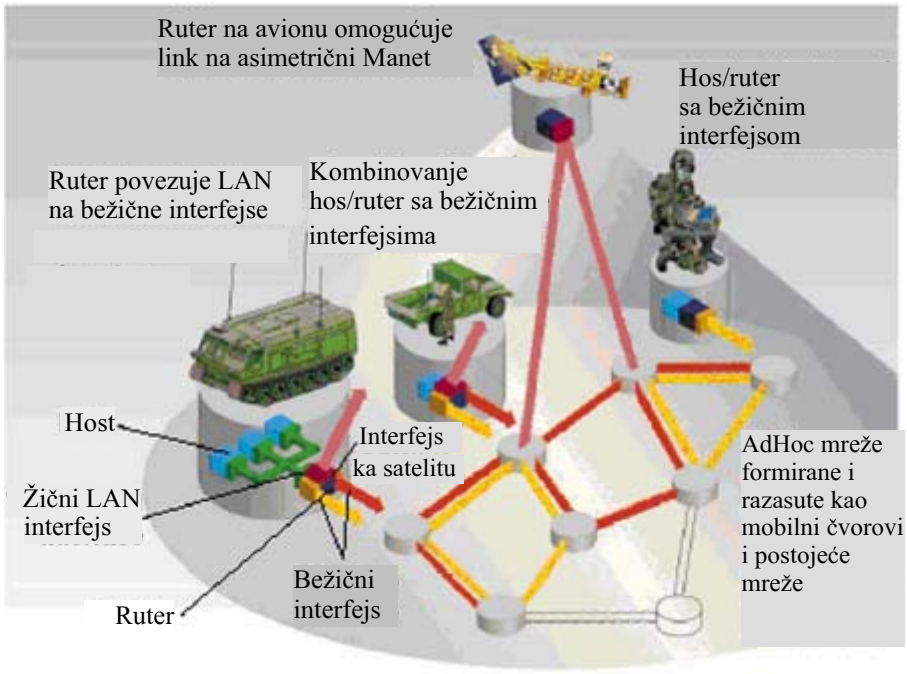


Sl. 1 – Primer mobilne ad hoc mreže

Mobilne ad hoc mreže (Manet)

Mobilne ad hoc mreže (Manet) predstavljaju bežičnu komunikacionu mrežu nezavisnih autonomnih mobilnih korisnika koji obavljaju međusobnu komunikaciju preko bežičnih linkova. Pošto su čvorovi mobilni, mrežna topologija se menja vrlo brzo tokom vremena i može biti potpuno nepredvidiva. Mrežno upravljanje je decentralizovano, sve aktivnosti čvorova, uključujući „otkrivanje" topologije mreže i isporuka poruka moraju se odvijati u samim čvorovima – što znači da je funkcija rutiranja inkorporirana u mobilne čvorove. Set aplikacija za Manet je veoma raznolik, počev od malih, statičkih mreža koje su ograničene i u pogledu resursa napajanja, do velikih, mobilnih vrlo dinamičkih mreža. Da bi ovako definisana, nekoegzistentna mreža funkcionisala potrebni su vrlo složeni distributivni algoritmi koji pored ostalog moraju da ostvare determinisanje mrežne organizacije, dostupnost linkova i šeme rutiranja. U ovako fluktuirajućoj mrežnoj topologiji nije moguće jednoznačno unapred da se determiniše problem i moguće relacije pa je neophodno da mreža ima mogućnost samoorganizovanja i prilagođavanja trenutnoj situaciji [9]. Svaki čvor u mreži logički se sastoji iz rutera, procesorskog modula i modula za bežičnu komunikaciju. Čvor može da se sastoji od odvojenih mrežnih uređaja ili su oni integrisani u jedan uređaj kao što je to laptop računar ili PDA uređaj.

Set čvorova koji čini Manet osnova je mobilne rutirajuće infrastrukture („mobile ruting infrastructure") i može da radi izolovano kao zasebna mrežna struktura ili da bude konektovana u veći Internet preko spoljnih rutirajućih funkcija. Dok je u statičkoj mreži putanja od izvora do odredišta optimalna putanja (ruta), ovakva pogodnost nije jednostavno primenljiva kod ad hoc mreža. Faktori, kao što su promenljivi kvalitet bežičnih linkova, slabljenje na propagacionim putanjama, feding, interferencija signala, potrošnja energije, promena topologije postaju relevantni parametri komunikacije. Da bi se ublažilo negativno dejstvo ovih parametara mreža mora biti osposobljena da prilagodi putanje rutiranja pronalazeći optimalni prenosni put. Pored toga, naročito za vojnu primenu, mreža



Sl. 2 – Mobilni host i mobilni ruter u Manet mreži

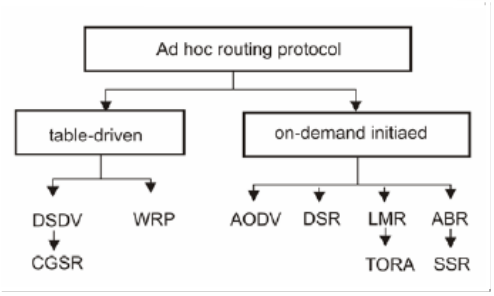
treba da obezbedi dovoljnu zaštitu informacija, otpornost na izviđanje i ometanje, pouzdan rad i u uslovima namernog ometanja, brzi oporavak mreže u slučaju otkaza čvorova.

Jedan primer primene Manet mreža u vojnim taktičkim komunikacijama prikazan je na slici 2.

Senzorske ad hoc mreže

Senzorske ad hoc mreže imaju široku primenu u monitorisanju sredine, osetljivih instalacija, daljinskog prikupljanja podataka i analize. Kao i u Manet mreži, čvorovi u mreži se ponašaju i kao hostovi i kao ruteri, a mreža radi u tzv. samoorganizujućoj i adaptivnoj vrsti rada. Radi se uglavnom o mrežama relativno jeftinih višefunkcionalnih senzora, malih dimenzija i smanjene potrošnje energije. Ovako definisani senzorski čvorovi sastoje se uglavnom od senzorskih elemenata, modula za procesiranje signala, modula za komunikaciju i umrežavanje u senzorske mreže (slika 3). Pored toga čvorovi mogu sadržati i module za pozicioniranje, module za mobilnost, dodatne izvore napajanja i drugo.

Senzorske ad hoc mreže mogu da se sastoje od velikog broja senzorskih čvo-



Sl. 3 – Komponente senzorskog čvora

rova (od nekoliko desetina ili stotina, do više stotina hiljada čvorova) koji su gusto rasuti u prostoru pokrivanja, ali bez unapred određenog raspoređivanja. Senzori se mogu rasejavati izbacivanjem iz letelica, artiljerijskih oruđa, ili ih mogu polagati specijalni roboti, a mogu funkcionisati iz pokreta ili kao stacionarni elementi. Ovo znači da protokoli rutiranja moraju da poseduju sposobnost samoorganizovanja i kooperativnosti između mrežnih senzorskih čvorova i da obezbede funkcionisanje senzorske mreže kako u samoj fazi razvijanja i rasejavanja čvorova, tako i po njihovoj stacionarnosti u određenom reonu upotrebe.

Kod senzorskih mreža osnove razmatranja čine arhitektura, rad, razvoj i lokalizacija komponenti. Senzorski čvorovi imaju izrazito velika ograničenja u napajanju električnom energijom, traju koliko im traje i napajanje, koriste sofisticirane konzervacione tehnike za produženje „životnog veka“, a na potrošnju veliki uticaj imaju i ugrađeni algoritmi rutiranja.

Brojne su aplikacije senzorskih ad hoc bežičnih mreža:

– u vojnim primenama to je, na primer, detekcija kretanja neprijateljskih sredstava, detekcija i praćenje prisustva opasnih materija (otrovni gasovi, radijacija, eksplozivni materijali), kontrola kontaminiranih prostora, kontrola povrede štićenih prostora i sl.,

– kontrola i zaštita potencijalnih terorističkih ciljeva,

– ekološke senzorske mreže za monitorisanja čovekove okoline (ravnica, planina, pustinja, okeanski prostor, atmosfera),

– kontrola saobraćaja na prometnim i magistralnim putevima, raskrsnicama, mostovima i sl. sa praćenjem elemenata kretanja i vrste vozila,

– kontrola i upravljanje parkiralištima u velikim gradovima, sa detekcijom i lokalizacijom zauzetih i slobodnih parkirnih mesta,

– kontrola pristupa u i unutar štićenih objekata i prostora,

– kontrola i zaštita u velikim robnim prodavnicama, parking garažama i drugim javnim objektima i sl.

Nove tehnologije i niska cena komponenti utiču na sve širu i masovniju upotrebu bežičnih senzorskih mreža i u drugim oblastima.

Protokoli rutiranja

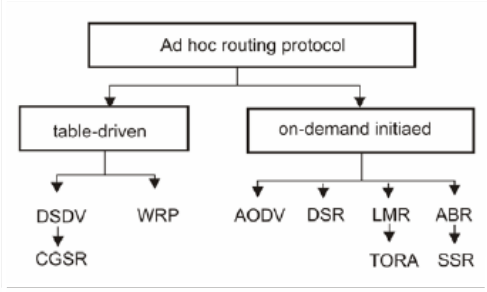
Jedan od glavnih problema koje treba rešiti u ad hoc mrežama, a koji proizilazi iz načina rada mreža, velikog broja čvorova i neophodnog svojstva samoorganizovanja mreže, jeste pitanje rutiranja paketa u mreži u kojoj se svaki čvor mora tretirati kao ruter.

Postojeći protokoli rutiranja, koji se koriste u konvencionalnim mrežama kao što su algoritam tipa „distant“ vektora ili „link state“, teško su upotrebljivi u ad hoc uslovima. Periodične informacije o ažuriranju topologije mreže šalju se i kada nema nikakve promene što dovodi do povećane potrošnje propusnog opsega; čvorovi se redovno „bude“ za primanje i slanje informacija o rutiranju koje nisu uvek potrebne pa se energetski potencijali čvorova brzo troše; smanjena je skalabilnost mreže jer je velika količina informacija koja putuje kroz mrežu saglasno velikom broju mrežnih čvorova – velika količina informacija o rutiranju koje se redovno emituju i opterećuju mrežu; ve-

liki je broj rutera pa je verovatnoća redundantnih ruta veoma velika; sistem postaje vrlo inertan da odgovori na brze dinamičke promene mrežne topologije. To je dovelo do razvoja tzv. protokola na zahtev (on-demand protocol). Umesto periodičnog oglašavanja ruta, ruta se otkriva samo kada je potrebna, tj. na zahtev što dovodi do smanjenja saobraćaja kroz mrežu. Kada su u pitanju senzorske mreže, ograničenje kapaciteta procesorsko-memorijskih resursa, prioritet u izboru algoritma imaju brzina, pouzdanost i jednostavnost.

Na slici 4 prikazan je pregled najčešće korišćenih algoritama rutiranja u ad hoc mrežama.

Svaki od algoritama prilazi problemu iz različitog ugla i koristi različite pretpostavke, pa ni jedan nije univerzalno primenljiv već zavisi od primene. Primera radi, razmotriće se rad DSR algoritma. Ruta se određuje dinamički i samo onda kada je potrebna. Nema periodičnog emitovanja rutera vezano za ruting informacije. Kada pošiljalac hoće da pošalje paket, on prvo proverava sadržaj informacije u rutiranju u svojoj memoriji. Ako u njoj postoji validan ulaz za odredište, paket se šalje koristeći sekvencu čvorova koja se nalazi u ruting kešu (čuva se skup svih čvorova kroz koje će paket putovati), a ako nema validne rute do odredišta pošiljalac započinje proces otkrivanja rute, što je osnovna ideja svih on-demand algoritama, i potom paket putuje kroz mrežu tražeći odredišni čvor [1].



Sl. 4 – Algoritmi ad hoc rutiranja:
DSDV – rutiranje sa vektorom rastojanja uz sekvencirane destinacije (Destination Sequnced Distance Vector Routing), WRP – protokol za bežično rutiranje (Wireless Routing Protocol), CGSR – rutiranje sa grupisanim gejtevima (Clusterhead Gateway Switch Routing), AODV – ad hoc rutiranje na zahtev sa vektorom rastojanja (Ad Hoc On-Demand Vector Routing), DSR – dinamičko rutiranje sa prikupljanjem adresa (Dynamic Source Routing), LMR – jednostavno mobilno rutiranje (Lightweight Mobile Routing), TORA – vremenski uređeni algoritam za rutiranje (Temporally Ordered Routing Algorithm), ABR – asocijativno rutiranje (Associativity Based Routing), SSR – rutiranje sa stabilnim signalom (Signal Stability Routing)

Ovaj algoritam karakteriše veoma laka implementacija, mogućnost rada sa asimetričnim linkovima, štednja propusnog opsega i energije jer nema oglašavanja, protokol se lako modifikuje i održava. S druge strane, postoji dodatno zauzimanje propusnog opsega zbog prirode rutiranja jer paket rapidno raste u toku propagacije kroz mrežu pošto čuva adrese svih prolaznih čvorova. Kod većih mreža raste veličina poruka i može da dođe do „zagušenja“, odnosno nemogućnosti normalne komunikacije, pa je ovaj protokol pogodan za mreže sa manjim brojem mobilnih čvorova. Pored toga prisutan je i problem sigurnosti u pogledu raspoloživosti, poverljivosti, identifikacije, autentifikacije i neporicanja – posebno u uslovima mogućih spoljnih pretnji ubacivanja pogrešnih informacija u mrežu kao i unutrašnjih pretnji koje dolaze od kompromitovanih čvorova koji mogu da oglašavaju pogrešne ruting informacije. Ovo znači da se moraju štititi i podaci i ruting informacije.

Specifičnost senzorskih mreža ima dodatna ograničenja u izboru algoritama. Razmotriće se rad AODV algoritma koji definiše tri tipa poruka: zahtev za rutom, odgovor na rutu, grešku na ruti i tri tipa čvorova – master, gateway i slave. Tokom inicijalizacije sistema formiraju se pikonet mreže, svaki čvor kreira tabelu suseda (u pikonetu) i ruting tabelu. Sistem zatim formira pikonet mreže sa master-slave komunikacijom, a čvorovi koji su članovi dva ili više pikoneta su gateway čvorovi. Slave čvorovi, u okviru pikoneta, šalju pakete masteru, a on ih prosleđuje na odgovarajući gateway, sve dok ne stignu u pikonet odredišnog čvora. Server, odnosno čvor na kome se nalazi ekspertski sistem, komunicira sa svim ostalim čvorovima, dok ostali čvorovi šalju svoje podatke samo serveru. Algoritam raspolaže i tehnikom ulaska novog čvora u pikonet i eliminisanja redundantnih pikoneta što doprinosi smanjenju nepotrebnih konekcija tokom otkrivanja rute. I kod ovog algoritma sa povećanjem broja čvorova raste i verovatnoća kolizije na kanalu.

Primena senzorskih ad hoc mreža

Kao što je rečeno, široka je mogućnost primene bežičnih senzorskih ad hoc mreža. Pomoću razvijene infrastrukture moguće je napraviti različite bežične proizvode, a primena može biti od industrijske do kućne i zabavne. U vojnim primenama, na primer, pored navedenih, jedna od bitnih karakteristika funkcionalnosti jeste i saradnja čvorova na procesiranju signala i informacija. Dok je senzorski podatak lokalizovan u svakom čvoru, informacioni sadržaj koji treba da ekstrahuje mreža je globalan i kao takav mora biti rezultat saradnje i zajedničkog rada čvorova.

Radi ilustracije, posmatraće se jedan hipotetički primer upotrebe ad hoc senzorske mreže, u slučaju ekološke opasnosti (slika 5) [11]. Na delu teritorije blizu velikog grada došlo je do akcidenta na gasnim postrojenjima i do izliva opasne materije u vazduh.

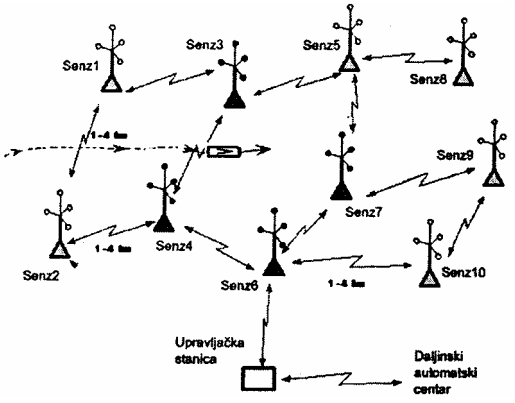
Sl. 5 – Praćenje akcidentnog gasnog oblaka distribuiranom senzorskom ad hoc mrežom

Aktiviraju se jedinice za specijalna dejstva koje pored ostalog treba da evakuišu građane i zatvore mostove i saobraćajnice. Sada dolazi na red organizovanje ad hoc mreže. Radi realne procene opasnosti aktiviraju se bespilotne letelice snabdevene velikom količinom minijaturnih hemijskih senzora (reda nekoliko hiljada) i iz letelica se vrši njihovo rasejavanje u akcidentnoj zoni i smeru prema gradskoj zoni. Senzori, odnosno čvorovi se, odmah po izbacivanju, samoorganizuju u ad hoc mrežu sa zadatkom da daju bitne podatke za nastalu situaciju a to su:

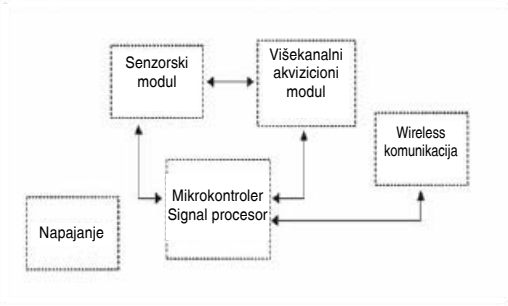
lokacija mesta događaja, vrsta opasnosti, veličina oblaka, smer i brzina kretanja i koncentracija štetnih materija.

Drugi primer je saobraćajnica koju treba pratiti u slučaju nailaska neprijateljskih vozila. U ovom slučaju iz letelice su izbačeni magnetometarski senzori (desetak komada), koji se još u toku leta samoorganizuju u mrežu i odmah po prizemljenju spremni su za rad. Pri nailasku vozila inicira se detekcija i generiše informacija, koja u saradnji sa drugim senzorima može sadržati i podatke o vrsti vozila, brzini pa i smer kretanja.

Sličan ovome je i problem koji nas interesuje. Korišćenjem inteligentnih akustičkih senzora, prostorno razmeštenih, i pasivnog zvukometrijskog izviđanja treba pokriti određenu teritoriju i detekcijom zvučnih izvora otkriti pokretni cilj, odrediti njegove koordinate i praćenjem njegovog kretanja odrediti njegovu trajektoriju. Potrebno je predložiti tehničke elemente mrežne računarske infrastrukture koja bi podržala ovu aplikaciju. Osnovna pretpostavka situacije na terenu data je na slici 6. Sistem treba da bude koncipiran kao distributivna senzorska bežična ad hoc mreža koja se sastoji iz većeg broja



Sl. 6 – Primer senzorske ad hoc mreže na terenu



Sl. 7 – Koncept stanice – senzora za zvukometrijsko izviđanje

identičnih inteligentnih senzorskih stanica, prostorno razmeštenih i komunikacijski povezanih u jedinstvenu ad hoc mrežnu strukturu za pokrivanje posmatrane teritorije. Cilj bi trebalo da istovremeno otkriju i prate bar četiri senzorske stanice tokom čitavog kretanja u zadatom sektoru. Sistem treba da ima mogućnost obrade signala u svakom senzorskom čvoru, međusobnu razmenu podataka i saradnju između čvorova i prenos podataka do glavnog hosta gde se vrši prikupljanje i obrada infomacija i donošenje odluka. Koncept tehničkog rešenja senzorske stanice prikazan je na slici 7.

Zaključak

Problematika izložena u ovom radu vezana je za istraživanje tehničkih rešenja bežičnih ad hoc mreža sa senzorskim stanicama kao mrežnim čvorovima i njihovom povezivanju u šire mrežne strukture.

Visoka pouzdanost opažanja, niska cena, brz razvoj karakteristika, tolerancija na pojavu greški i fleksibilnost senzorskih ad hoc mreža omogućuju kreiranje novih i inoviranje postojećih aplikacija u implementacijama daljinskog upravljanja senzorima. Međutim, u realizaciji senzorskih ad hoc

mreža mora se voditi računa i o ograničenjima implementacije koja se tiču skalabilnosti mreže, cene, potrebnog hardvera, zaštite informacija, promene topologije, uslova rada okruženja i potrošnje električne energije. Mogućnost razvoja sistema za kontrolu i zaštitu teritorije bez potrebe izgradnje fiksne infrastrukture od izuzetnog je značaja u vojnim primenama, posebno sa aspekta pripreme i vođenja savremenih operacija.

Literatura:

[1] Milanović, N.: Senzorske mobilne bežične mreže, ETF, Beograd, 2002.

[2] Sutton, M.: Hacking the invisible network, Inesecurities in 802.11x, iDefense Inc. 2002.

[3] Crow, B. P. and all.: IEEE 802.11 Wireless local area networks, IEEE Communications Magazine, Sept. 1997.

[4] Mobile ad hoc and sensor networks – Tutorial, Faculty of engineering, KMINTB (King Mongjut's Institute of Technology North Bangkok), 2003.

[5] Liddle, D.; Smitton, S.: Wireless networks, Networked service policy, UKOLN, University of Batch.

[6] Milanović, N.; Malek, M.; Milutinović, V.: Standardization effort for routing and security in ad hoc networks, July 2003.

[7] Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam and Erdal Cayirci, A survey on sensor networks, IEEE Communications Magazine, vol. 40, no. 8, August 20.

[8] Royer, E. M.; Ton, C.: A review of current routing protocols for ad hoc mobile wireless networks, IEEE Personal Communications, April 1999.

[9] Corson, M. S. and sar.: Internet based mobile ad hoc networking, IEEE Internet computing, Jul-Avg. 1999.

[10] Nasipuri, A.: Mobile ad hoc networks, University of Nort Carolina, Charlote, 2003.

[11] Liu J. and sar.: A dual-space approach to tracking and sensor management in wireless sensor networks, Palo Alto Research Center, Report P2002, Mar. 2002.

Slaviša Đukanović,
poručnik, dipl. inž.
224. Centar za EI i PED,
Batajnica

IZVIĐANJE SATELITSKIH KOMUNIKACIJA U FUNKCIJI SAVREMENIH OPERACIJA

UDC: 623.611.629.783] : 355.42/.43

Rezime:

Raspoloživi vojni resursi u bilo kojoj kategoriji nisu kritični u mirnodopskom periodu, jer se dimenzionišu za ratno naprezanje određenog nivoa. Međutim, u uslovima izvođenja borbenih dejstava postoje ekstremi u zahtevima za angažovanjem, koje sistemi ne mogu da izdrže. Takav slučaj je kod satelitskih komunikacija. U radu su prezentovane taktičko-tehničke i dinamičke osobine komercijalnih (INMARSAT, INTELSAT, IRIDIJUM...) i vojnih (DSCS, FLEET-SATCOM, NATO, SKYNET ...) satelitskih sistema, koje su bitne za uspešno vođenje elektronskog rata. Takođe, dat je pregled raspoloživih korisničkih servisa savremenih satelitskih sistema (Internet provajding, video-konferencije, prenos multimedija uživo, fax, e-mail, voice). Nova generacija širokopojasnih satelita, koja se pušta u rad tokom ove godine, omogućiće globalni roming navedenih servisa INMARSAT satelitskom sistemu koji se sve češće koristi u vojne svrhe. U perspektivi je da se usluge koje pružaju satelitski sistemi (komunikacioni, navigacioni, izviđački, meteorološki ...) stave na raspolaganje nižim taktičkim jedinicama, vazduhoplovima, pa čak i svakom vojniku ponaosob. Poznavanje satelitskih sistema potencijalnog agresora pruža mogućnost da se odrede ranjive tačke samog sistema sa aspekta izviđanja i ometanja.

Ključne reči: satelit, servisi, aplikacije, elektronsko izviđanje, operacije, sistemi, terminal, orbite.

RECONNAISSANCE OF SATELLITE COMMUNICATIONS IN CONTEMPORARY OPERATIONS

Summary:

Available military resources in any category are not critical in peace since they are tailored for military use under extreme conditions. However, some systems such as satellite communications, cannot meet extreme requirements during combat actions. The paper presents tactical and technical specifications and dynamic characteristics of commercial (INMARSAT., INTELSAT, IRIDIJUM,...) and military (DSCS, FLEET-SATCOM, NATO, SKYNET,...) satellite systems which are important for electronic warfare. The paper also gives available user services of contemporary satellite systems (Internet providing, video-conferences, live multi-media, fax, e-mail, voice). A new generation of broadband satellites, due to be operational this year, vill provide global rooming for these services to the INMARSAT satellite system which experiences a growing military use. Tendencies are that the services of satellite systems (communication, navigation, reconnaissance, meteorological ones,...) are to be put at disposal to lower tactical units, aircraft and even to each particular soldier. Knowing satellite systems of potential agressors enables the determination of satellite system weak points from the point of view of reconnaissance and jamming.

Key words: satellite, services, applications, electronic reconnaissance, operations, systems, terminal, orbits.

Uvod

Telekomunikacije su ključni element svake savremene vojske. Potreba za satelitskim segmentom postaje neobično značajna zbog malog broja kopnenih jedinica raspoređenih po svetu. Radi sprečavanja iznenađenja bilo koje vrste po-

trebe za ovakvim vidom podrške su opravdane. Sateliti omogućavaju direktnu vezu sa jedinicama na bojnom polju.

Laki, pokretni terminali mogu se vrlo brzo na bilo kojoj lokaciji postaviti za svega nekoliko sati, što omogućava konstantan kontakt sa komandnim vrhom. Imati u posedu informaciju o rasporedu protivnika, snazi i sredstvima koje angažuje, i taktici koju primenjuje, predstavlja vrhunac sistema prikupljanja podataka. Presretanjem satelitskih komunikacija dolazi se do određenih informacija značajnih za procenu neprijatelja.

Detektovati, tj. presresti komunikaciju od interesa i obezbediti da izviđački sistem ostane na praćenju, primarni je zadatak sistema za elektronsko izviđanje. Kada se razmatra mogućnost izviđanja satelitskih komunikacija, treba imati u vidu bitnu specifičnost koja se ne javlja ni kod jednog drugog komunikacionog sistema koji može biti objekat elektronskog rata. To je relativna geometrija učesnika u elektronskoj igri, ne samo međusobna udaljenost, gde je izviđačka stanica po pravilu bliža korisničkom terminalu od satelita ili nadmorske visine učesnika.

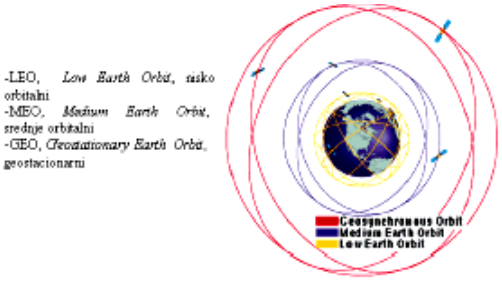
Komercijalni satelitski sistemi u vojnoj primeni

Mobilne satelitske komunikacije – MSK

Mobilna satelitska služba predstavlja radiokomunikacioni servis između pokretnih zemaljskih satelitskih stanica (ZSS) i jedne ili više kosmičkih stanica, ili između kosmičkih stanica koje se mogu koristiti u ovoj službi. Pokretne ZSS mogu biti locirane na platformama na kopnu, brodovima i moru tj. na objektima, kao što su vozila, letelice, plovila, itd.

Pokretni sistem savremenih MSK-a, pre svega ima globalni karakter, u okviru kojeg postoje izvesni regionalni sistemi. S obzirom na svrsishodnost i specifičnost, MSK se uglavnom mogu podeliti na dva osnovna i međusobno zavisna integralna sistema: komercijalni i nekomercijalni. Međutim, njihov specifičan podsistem predstavljaju vojne MSK. Prvobitni komercijalni sistem uspostavljen je sa uvođenjem multinacionalnog MARISAT sistema, koji je kasnije prerastao u INMARSAT sistem. Satelitske komunikacije podrazumevaju veći broj bežičnih repetitorskih stanica (satelita) kojima se mikrovalnim komunikacijama omogućava komunikacija između geografski udaljenih područja. Satelitske veze mogu biti uspostavljene na različitim frekvencijskim područjima i koriste različite noseće frekvencije za prijem (zemaljska stanica – satelit) i predaju (satelit – zemaljska stanica).

Sateliti mogu biti postavljeni u orbitama sa različitim putanjama, visinom i oblikom putanje (kružna ili elipsasta). Prema orbitalnom radijusu (udaljenost satelita i zemljine površine), svi sateliti mogu se svrstati u tri kategorije (slika 1): LEO (Low-



Sl. 1 – Satelitski sistemi

Tabela 1

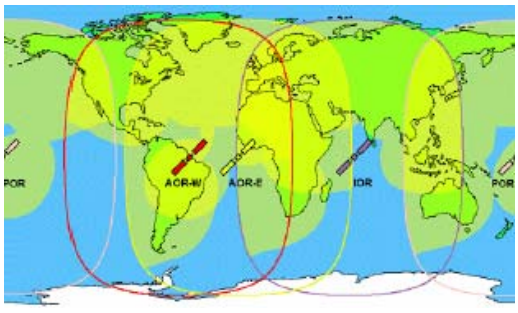
Prednosti i mane satelitskih sistema s obzirom na položaj

Tip	LEO	MEO	GEO
Visina	160–480 km	9600–19 000 km	36 000 km
Vidokrug	>15 min	2–4 sata	24 sata
Prednosti	1. Niski troškovi lansiranja 2. Kratko vreme kašnjenja signala 3. Mali gubitak putanje, PSD malih dimenzija i snage	1. Umereni troškovi lansiranja 2. Malo vreme kašnjenja signala	1. Pokriva 42,2% Zemljine površine 2. Konstantan položaj u odnosu na određenu tačku na Zemlji 3. Nema problema zbog Doplerovog efekta
Mane	1. Kratak vek trajanja	1. Veće vreme kašnjenja signala 2. Veći gubitak putanje	1. Veliko vreme kašnjenja signala 2. Skupe zemaljske stanice

EarthOrbit), MEO (MediumEarthOrbit) i GEO (GeostationaryEarthOrbit).

INMARSAT sistem MSK

Početkom februara 1982. godine, INMARSAT organizacija zvanično je transformisana iz MARISAT sistema MSK. Organizacija je prvobitno započela funkcionisanje sa INMARSAT standard – A sistemom MSS i ZSS samo za pomorske aplikacije, nešto kasnije unapredila standard – S a danas omogućava upotrebu najnovijih standarda B, D, E i M (slika 2). Kosmički segment se sastoji iz konstelacije operacionih i rezervnih GSS sa transponderima i sistemom za TT&S. Zemaljski segment obuhvata sve ZSS na kopnu, pomoćne stanice i službe, pokretne MSS ugrađene na plovnim objektima, letelicama, kao i na svim kopnenim saobraćajnim sredstvima.



Sl. 2 – Granice opsluživanja INMARSAT sistema

Najnovija konfiguracija INMARSAT kosmičkog segmenta je sledeća:

1. AOR-W – Operacioni sateliti: INMARSAT-2 F4 (pozicija 54.0W)

– Rezervni satelit: INMARSAT-2 F2 (pozicija 55.0W)

2. AOR-E – Operacioni satelit: INMARSAT-3 F2 (pozicija 15.5W)

3. IOR – Operacioni satelit: INMARSAT-3 F1 (pozicija 64.0W)

– Rezervni satelit: INMARSAT-2 F3 (pozicija 65.0W)

4. IOR – Operacioni satelit: INMARSAT-3 F3 (pozicija 178.0W)

– Rezervni satelit: INMARSAT-2 F1 (pozicija 179.0W)

INMARSAT sistem bezbednosnih komunikacija

Globalni bezbedonosni komunikacioni sistem čini integraciju INMARSAT, COSPASSARSAT i GMDSS sistema. Ovaj sistem je predstavljen sa bezbedonosnim INMARSAT radionosačem L-opsega. Svi signali za opasnost, hitnost i sigurnost prenose se pomoću MSS IN-

MARSAT-A i njegovih TEL i TLX terminala. Međutim, INMARSAT 'Priority 3' sistem može se isključivo upotrebiti prilikom slanja signala za opasnost sa TLX (SOS) ili TEL (MayDay) ili prilikom poziva kada je život čoveka u neposrednoj opasnosti.

INMARSAT standardi za pomorske aplikacije

INMARSAT je razradio nove digitalne standarde: B, C, M i mini-M za primenu na svim brodovima i ostalim plovnim i stacionarnim objektima na moru, kao što su platforme za istraživanje nafte, i uveo standard-E u pomorskim bezbedonosnim komunikacijama.

INMARSAT GAN (M4) standard za prenošenje i upotrebu na kopnu

INMARSAT GAN predstavljen je 1999. godine kao proširena verzija mini-M standarda koja obuhvata sledeće servise: telefon (AMBE), HSD 56/64 kb/s, IPDS i fax/data niske brzine kao mini-M. GAN integriše po prvi put zajedničke IT globalne mreže sa mobilnim komunikacionim mrežama, koji sadrži dva rasprostranjena i fleksibilna servisa Mobile ISDN i skoro izbačen Mobile Packet Data Service (MPDS).

Tabela 2

INMARSAT standardi za pomorske aplikacije

Standard	B	C	M	mini-M
Frekventni opseg (MHz)	1525,0 do 1545,0 Rx 1626,5 do 1646,5 Tx	1530,0 do 1545,0 Rx 1626,5 do 1646,5 Tx	1530,0 do 1545,0 Rx 1631,5 do 1646,5 Tx	1525,0 do 1559,0 Rx 1626,5 do 1660,5 Tx
Kanalski razmak	20 KHz	5 KHz	10 KHz	1,25 KHz
EIRP	25 do 33 dBW za nisku i visoku snagu	minimum 14 dBW na 5° elevacije	21 do 27 dBW za nisku i visoku snagu	11 do 17 dBW sa korakom 2dB
G/T	-4 dB/K	-23 dB/K na 5° elevacije	-10 dB/K	-17 dB/K
Potrošnja	200 W Rx i 300 W Tx	15 W Rx i 50 W Tx	30 W stb i 130 W Tx	370 mW Rx 5 W Tx
NPU	Antena parabolična 0,9, težina oko 90 kg sa platformom i kupolom, širina snopa 15°. Antensko pojačanje je 21 dB.	Mala i konična antena INMARSAT-C/GPS Težina oko 2 kg sa postoljem i kupolom. Širokopojasna polarizacija desne ruke. Antensko pojačanje je oko 6 dB.	Antena parabolična diametra oko 0,2 m (ima sistem za stabilizaciju) sa KPDR, težina oko 4 kg sa platformom i kupolom. Širina snopa 15°. Antensko pojačanje je oko 14,5 dB.	Antena parabolična 0,2 m (ima sistem za stabilizaciju) sa KPDR, težina oko 2 kg sa platformom i kupolom, širina snopa 15 stepeni, antensko pojačanje je oko 15 dB.
Modulacija	O-QPSK za TEL, RAX i prenos podataka, BPSK (Rx) i O-QPSK (Tx) za TLX	1200 simbola/sec BPSK, FEC kodiranje brzinom 1/2, pristup pomoću SLOTTED ALOHA, TDMA&FDMA	5,6 Kb/s O-QPSK SCPC (TEL/FAX/DATA), 6 Kb/s, BPSK TDM 5,6 Kb/s O-QPSK SCPC (TEL/FAX/DATA), 3 Kb/s BPSK TDM	5,6 Kb/s OQPSK SCPC (TEL/FAX/DATA), 6 Kb/s BPSK TDM 5,6 Kb/s O-QPSK SCPC (TEL/FAX/DATA) 3 Kb/s BPSK TDM
Servisi	Telefon 16 kb/s APC, Fax 14,4 kb/s (9,6 kb/s) Data 9,6 kb/s HSD 64 kb/s	dupleks kanali za podatke i poruke (sms i E-mail maksimalno 32 000 karaktera)	telefon IMBE fax 2,4 kb/s data 2,4 kb/s	telefon AMBE fax 2,4 kb/s data 2,4 kb/s
Klimatski uslovi	Temperatura od -25° do +55° C, Vlažnost vazduha oko 95%, Brzina vetra do 100 Nm/s			
Brodski uslovi	Posrtanje i ljuljanje 10/30%			

INMARSAT standardi za vazduhoplovne aplikacije

Aero sistem nudi TEL, FAX i DATA servise za potrebe putnika, aviooperatora, administracije i kontrole leta na aerodromima, avionima i ostalim vrstama letelica. Svi pozivi se upućuju sa aviona posredstvom ZSS i TTM do pretplatnika u celom svetu. INMARSAT je za period od deset godina razradio sledeće avio standarde: C, H, I, L i mini-M, koji se mogu ugrađivati na svim vrstama aviona i letelica.

Standard mini-M ASS

Aero mini-M je dizajniran na osnovu iskustva i prednosti koje su stečene praktičnim korišćenjem ovih standarda za pomorske i kopnene aplikacije. On se koristi za interavionske i druge vrste veza: dupleks jednokanalni TEL (PSTN) i ima mogućnost TEL šifrovanja, dupleks FAX i DATA posredstvom RS uz korišćenje SIM kartice, zatim koristi sektorsku prekrivenost Inmarsat-3 GSS, prenos X-25 i X-400 elektronske pošte. Ima mogućnost priključka na zemaljsku PSTN i ISDH sa ukupnom masom uređaja 4,5 kg koji podržava automatsko slanje podataka o poziciji i ne podržava ICAO zahteve u vezi bezbedonosnih komunikacija.

INTELSAT

INTELSAT (International Telecommunications Sattelite Consorcium) je

Tabela 3

INMARSAT standardi za vazduhoplovne aplikacije

Standard	C	H	I	L
Frekventni opseg (MHz)	1530,0 do 1545,0 Rx 1626,5 do 1660,5 Tx	1530,0 do 1559,0 Rx 1626,5 do 1660,5 Tx	1535,0 do 1560 Rx 1626,5 do 1660,5 Tx	1525,0 do 1559,0 Rx 1626,5 do 1660,5 Tx
Kanalski razmak	5 KHz	17,5 KHz	2,5 KHz	5 KHz
EIRP	12 dBW	Između 12 i 17 dBW	16,5 kBW maksimalno	Nominalan 19,5 kBW 16,5 dBW min.
G/T	-32 dB/K na 5° elevacije	-13 dB/K na 5° elevacije	-19 dB/K na 5° elevacije	-13 dB/K na 5° elevacije
Potrošnja	9,5 W Rx i 80 W Tx	15 W Rx i 60 W Tx	10 W Rx i 50 W Tx	10 W Rx i 50 W Tx
NPU	Antena je integralna inmarsat-C GPS širokopojasna bez upravljanja sa KPDP Masa 2,3 kg	Antena je HighGain sa BSU za usmeravanje i KPDR. Odnos osa >6 dB unutar antenske pokrivenosti i za sve uglove njenog usmeravanja	Antena je Intermediate-gain sa BSU za usmeravanje i KPDR. Pokrivenost >95% za sve uglove njenog usmeravanja. Bočna lepeza prelazi 8,5 dB unutar zone pokrivanja	Antena je Intermediate-gain sa BSU za usmeravanje i KPDR. Pokrivenost >95% za sve uglove njenog usmeravanja. Bočna lepeza prelazi 8,5 dB unutar zone pokrivanja
Modulacija	1200 simbola/sek BPSK, FEC kodiranje brzinom 1/2, Rx dužina rama 8,64 s	QPSK sa pomakom (avio primena)/BPSK, APC sa MLQ kodiranje, Rx dužina rama 500 s	– 8,4 k/s A-QPSK C kanala. (TEL/FAX/DATA) – 0,6/1,2 Kb/s A-BPSK P i T kanali	BPSK avio Rx. Brzina prenosa 600 b/s, Rx dužina rama 2 s, Tx DATA brzina 600/1200 b/s.
Priključci	TEL, FAX na 2 žice PC, DTE, SIM kao za GSM, napajanje	TEL i FAX Group-III PC, DTE, napajanje	TEL, FAX i MODEM, PC, DTE, napajanje	PC i DTE Napajanje
Klimatski uslovi	Temperatura od -20 do +55°C (Rx/Tx)-55 do +70°C (Antena) Vlažnost vazduha oko 95% Brzina vetra do 100 Nm/s (antena)			
Avionski uslovi	Brzina oko 1000 km/h, ubrzanje minimalno +/-1 g			

međunarodni konzorcijum za telekomunikacione satelite sa sedištem u Vašingtonu, a osnovan je 1964. godine. Naša zemlja pristupila je INTELSAT-u 1970. godine. INTELSAT ima globalni sistem pokrivanja Zemlje pomoću satelita postavljenih u ekvatorijalnoj ravni iznad Atlantskog, Indijskog i Tihog okeana. Geografski položaj naše zemlje omogućava korišćenje atlantskog i indijskog satelita. Ovaj sistem se sastoji od dva elementa: vasionskog u vlasništvu INTELSAT-a, i zemaljskog koji čine satelitske stanice u vlasništvu Uprava zemalja na čijoj teritoriji se nalaze.

INTELSAT je kao prvi međunarodni satelitski konzorcijum još uvek najveći u svetu. Opslužuje oko 200 zemalja i za mnoge zemlje u razvoju omogućava jedinu vezu sa ostatkom sveta. Raspolaže vrlo širokim opsegom usluga kao što su:

– tačka-tačka javne komutacione usluge govor/podaci,

– video usluge, uključujući povremeno korišćenje i iznajmljivanje na duži period,

– specijalne poslovne usluge koje zadovoljavaju potrebe združenih korisnika,

– iznajmljene transpondere koji mogu biti prilagođeni mnogim namenama,

– domaće usluge koje dopunjuju telekomunikacionu infrastrukturu države,

– obnavljanje veze u slučaju prekida transokeanskih optičkih kablova.

INTELSAT-ov kosmički segment obuhvata 27 geostacionarnih satelita koji opslužuju četiri regiona. INTELSAT-ovi sateliti obezbeđuju četiri kategorije usluga: međunarodnu javnu komutiranu telefoniju, difuziju, privatne – profesionalne mreže, lokalne – regionalne komunikacije. Trenutno su u orbiti letelice iz serija V, V-A, V-A (IBC), VI, VII, VII-A i VI-II. Neke od karakteristika ovih satelita date su u tabeli 5.

Veze se ostvaruju na sledećim frekvencijama:

– veza na gore (Zemlja – satelit) 5,925–6,425 GHz

– veza na dole (satelit – Zemlja) 3,700–4,200 GHz

TELEDESIC

Jedan od najambicioznijih mobilnih satelitskih sistema je sistem TELEDESIC. Planirano je obezbeđivanje širokopojasnog prenosa podataka do fiksnih i mobilnih terminala, globalno prekrivanje, mala verovatnoća greške po bitu ($BER<10^{-10}$). Planira se da sistem bude u mogućnosti da opsluži servise sa protocima podataka do 64 Mb/s (downlink) i do

Tabela 4

Pregled INTELSAT satelita

	INTELSAT V	INTELSAT VI	INTELSAT VII	INTELSAT VIII	INTELSAT IX
Glavni ugovarač	Ford Aero Space	Hughes Aircraft Company	Space Systems Loral	Locheed Martin	Space Systems Loral
Prvi put u radu	1980.	1989.	1993.	1997.	Kraj 2000.
Masa na lansiranju (kg)	1950	4200	3800	3400	4400
Snaga satelita (W)	1300	2000	4000	5400	8000
Snaga signala u zoni pokrivanja (dBW)	29	31	33	36	37

Tabela 5

Karakteristike serije INTELSAT-ovih satelita

	V	V-A	V-A (IBC)	VI	VII	VII-A	VIII
Broj tel. kanala	12 000	15 000	15 000	24 000	18 000	22 500	22 500
Ukupna širina opsega (MHz)	2137	2250	2270	3330	2432	2880	2856
Broj transpondera	27	30	30	48	36	40	44
Globalno pokrivanje, EIRP (dBW)	23,5	23,5	23,5	26,5	26/29	29	29
Snaga TWT pojačavača (W)	8,5	8,5	8,5	13,5	16/30	30	10
Zapad EIRP (dBW)	44,4	44,4	39,0–41,1	44,7–47,7	45,4–46,9	47,9	44–47
Istok EIRP (dBW)	41,1	41,1	38,5–41,1	44,7–47,7	45,4–46,7	47	44–47

2 Mb/s (uplink). Sistem sadrži 288 aktivnih satelita i 36 rezervnih u 12 orbitalnih ravni (24 satelita po orbitalnoj ravni). Koristi se Ka-opseg: 28,6–29,1 GHz za uplink, 18,8–19,3 GHz za downlink.

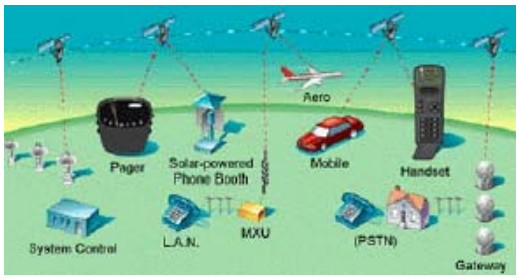
Međusatelitske veze su laserske. Sistem je tako dizajniran da u svakom trenutku mobilni terminal „vidi“ barem dva satelita (satelitski diverziti). Zemljina površina je podeljena na fiksnu mrežu od oko 20 000 superćelija od kojih se svaka sastoji od 9 ćelija. Superćelija je kvadrat sa veličinom strana od 160 km. Zona pokrivanja satelita obuhvata 64 superćelije, što znači jedna superćelija po snopu (otisak satelita se sastoji od 64 antenska snopa). Svaki snop ciklično skenira svaku od 9 ćelija unutar superćelije. TELEDESIC predlaže širok spektar servisa sa protocima od 16 kb/s do 2,048 Mb/s za mobilne pretplatničke terminale, dok za fiksne terminale moguć je protok sa brzinama od 0,155–1,2 Gb/s. Pristupi kanalu su TDMA/SDMA/FDMA i moguće je ostvariti 100 000 kanala po satelitu (protok od 16 kb/s).

Iridijum

Koncept globalnog satelitskog komunikacionog sistema Iridijum razvijen je od strane kompanije Motorola krajem 80-tih godina prošlog veka. Sistem Iridijum predstavlja lični komunikacioni sistem (PCS – Personal Communications System) baziran na satelitima koji se kreću u niskoj orbiti. Projektovan je sa ciljem da ostvari visoko kvalitetnu govornu komunikaciju širom sveta.

Pored toga, sistem omogućava prenos poruka i podataka malim brzinama. U vreme nastajanja, svojim načinom rada i globalnim pokrivanjem predstavljao je prvi sistem te vrste. Uprkos globalnom pokrivanju, glavni cilj njegovog razvoja bio je da pruži komunikacione servise u oblastima koje ne pokriva ni jedan drugi operater. Sačinjava ga 66 satelita koji se kreću po skoro polarnim orbitama u 6 ravni (11 satelita po ravni) kao i odgovarajući broj rezervnih satelita čija je uloga da preuzmu komunikaciju u slučaju otkaza nekog od 66 osnovnih satelita. U počeku sistem je projektovan da koristi 77

satelita. Korisnik je uz pomoć sistema u mogućnosti da u svakom momentu odredi svoj položaj, što ima za posledicu da je korisnika uvek moguće locirati.



Sl. 3 – IRIDIJUM satelitski sistem

Veze između pojedinih satelita rade u Ka-opsegu radio spektra na frekvencijama 23,18–23,38 GHz. Ove međusatelitske veze ostvaruju se na način sličan packet switching systems. Signali između satelita i zemaljskih stanica takođe se razmenjuju u Ka-opsegu radio spektra. Za komunikaciju zemlja–satelit (uplink) koriste se frekvencije u opsegu 29,1–29,3 GHz a komunikacija satelit–zemlja (downlink) se odvija na 19,4–19,6 GHz. Ove veze omogućavaju da se poziv koji je upućen sa nekog mobilnog terminala prosledi do bilo kog drugog mobilnog terminala, ili do javne telefonske mreže. Važno je napomenuti da se Iridijum PCD ponaša kao dual-mod telefon koji vezu može da uspostavi bilo putem pomenute satelitske mreže, bilo putem postojeće infrastrukture mobilne telefonije na zemlji. U slučaju da korisnik nije u dometu zemaljskih baznih stanica veza se uspostavlja satelitskim sistemom. Korisnik, takođe, može podesiti svoj uređaj da uvek koristi usluge satelitske mreže (u slučaju da želi veću sigurnost ili želi da izbegne zemaljske tarife (kada se poziv tarifira po tarifama lokalnih mreža). Iridijum sistem je u stanju da pored govora prenosi poruke, digitalne podatke i faksimil brzinama od 2,4 kilobita u sekundi.

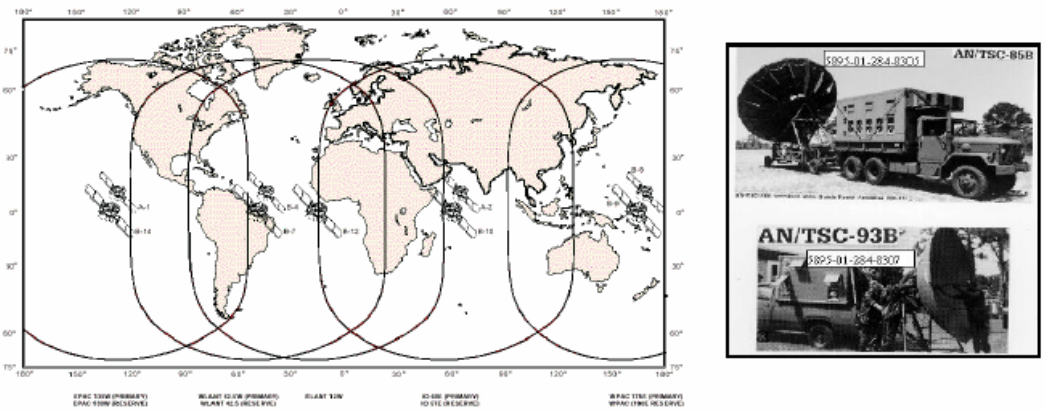
Vojni satelitski sistemi

DSCS

Satelitski sistem DSCS je odbrambeni satelitski komunikacioni sistem OS SAD (DSCS – Defence Satelite Communication System) koga čini 9 geostacionarnih satelita iznad: zapadnog Atlantika, 52,6W – WLANT, istočnog Atlantika, 12W – ELANT i Indijskog okeana, 60E–IO.

U vojnim satelitskim komunikacionim sistemima koriste se različiti tipovi modulacija. Izbor modulacije može delimično zavisiti od izbora šeme višestrukog pristupa ili od načina formiranja signala u proširenom spektru. Položaji navedenih satelita i oblasti koje oni pokrivaju prikazani su na slici 4.

Zemaljski segment DSCS satelitskog sistema sadrži satelitske terminale koji su dodeljeni kopnenoj vojsci, mornarici, vazduhoplovnim snagama i mornaričko-pešadijskim jedinicama. Terminali koji se koriste u ovom satelitskom sistemu su standardizovani, mogu se postaviti na avione, brodove, fiksne stanice i koriste se u diplomatskim telekomunikacionim sistemima (DTC). Reč je o višekanalnim TACSAT terminalnim uređajima oznake AN/TSC-85/93 koji se koriste u jedinicama KoV i MDP, odnosno, AN/TSC-94A/100A kod vazduhoplovnih snaga, pri čemu su kompatibilni sa uređajima sistema TRI-TAC i MSE. Terminalni uređaj AN/TCS-93 (pojedinačni uređaj) omogućava prenos jednog SVF nosioca za



Sl. 4 – Pozicije DSCS satelita – a i mobilni terminal – b

„Uplink“ vezu sa 24 telefonska kanala i/ili digitalnim podacima koje on multipleksira. Taktički terminal AN/TSC/93B i AN/TSC-85B i SHF opsega koristio se u ratu u Zalivu (slika 4-b).

SKYNET

Satelitski sistem SKYNET koji pripada OS Velike Britanije takođe je interesantan sa aspekta EI. Koriste ga za održavanje taktičkih komunikacija sa svojom ratnom flotom. Sistem je projektovan 1966. godine dok je 1969. godine satelit SKYNET-1 postavljen iznad Indijskog okeana obezbeđujući 40 TLG kanala. Radi u opsegu 7/8 GHz i koristi 4 kanala sa širinama u opsegu od 60 do 135 MHz. Ratni brodovi opremljeni su MSS tipa ’Skott’, koje održavaju vezu sa glavnim komandnim centrom u pokrajini Hampshire a odatle se sva saopštenja prenose u Centar za obradu i raspodelu podataka u Londonu. Nova modifikacija MSS ’Skott’, omogućuje TEL, TLG, i FAX veze, i prenos podataka u digitalnoj formi posredstvom DSCS-2 i 3 i NATO-4 sistema (LINK-11 i LINK-10).

NATO IV

NATO IV satelitski sistem obezbeđuje komunikaciju u UHF i SHF opsegu. Koriste se četiri kanala za SHF opseg. Namenjen je za obezbeđivanje šifrovanih TEL i TLG veza između komandnih štabova zemalja NATO i njihovih štabova, četa i ratnih brodova. Ovaj satelitski sistem pokriva sledeće zone: istočnu Kanadu, Atlantik, deo zapadne Afrike, Evropu i jugo-istočni deo Grenlanda (aproksimativno od 80°W do 60°E i od 25°S do 75°N).

U tabeli 6 prikazani su neki od osnovnih parametara ovog sistema. Ovi parametri su identični sa parametrima sistema SKYNET 4 i DSCS tako da postoji mogućnost uzajamnog delovanja i podrške, radi optimalnog iskorišćenja svih vidova komunikacije za potrebe OS NATO. Prema dostupnim podacima u tabeli 6 dat je kratak pregled satelitskih sistema od interesa za elektronsko izviđanje, koji rade u SHF opsegu.

Tabela 6

Pregled satelitskih sistema koji rade u SHF opsegu

Red. br.	Pripadnost	Frekvencijski opseg	Broj satelita i njihova pozicija	Napomena
1	2	3	4	5
1.	Odbrambeni satelitski komunikacioni sistem OS SAD	SHF up-link 7,900–8,400 GHz donji-link 7,250–7,750 GHz	Kosmički segment DSCS III sadrži 6 satelita	Koristi 6-kanalne transpondere sa FDM raspodelom kanala.
2.	Satelitski sistem OS Velike Britanije SKYNET (SKYNET-4)	SHF 7/8 GHz	4 redundantna kanala koji pokrivaju Evropu i severni Atlantik.	SKYNET: 4A-34,0°W, 4C-0,9°W 4D-39,1°E, 4E-53,1°E, 4F-5,8°E.
3.	NATO satelitski sistemi, NATO-III	X	Tri kanala širine 14 MHz, 85 MHz i 550 MHz	Trebalo bi i da su lansirani sateliti iz faze NATO-IVB (20,2°W). NATO-IVA (17,8°W)

Zaključak

Kao i kod svih drugih tipova komunikacija koje se koriste za vojne potrebe i kod satelitskih komunikacija vredi pravilo da su najzaštićenije one koje su namenjene najvišim komandnim nivoima ili najznačajnijim korisnicima. Zanemari li se ozbiljnost probijanja informacione zaštite, ostaje problem probijanja komunikacione zaštite. Ako ova zaštita podrazumeva prenos u proširenom spektru, tada pokušaj elektronskog izviđanja ima malo izgleda za uspeh. Elektronsko izviđanje komunikacija sa proširenim spektrom koje koriste mobilni učesnici na kopnu, u vazdušnom prostoru i na moru svakako ima smisla, jer može pružiti podatke o lokaciji, pokretu, aktivnosti i pripadnosti mreži izviđanog objekta. Dizajn nekih satelitskih komunikacionih sistema ostavlja izvesne mogućnosti za EI i sa, na prvi pogled, nepovoljne lokacije. Satelitski komunikacioni sistemi koji ne koriste uopšte ili bar ne isključivo intersatelitske veze, već gateway ulaze na zemaljske komunikacione sisteme NCS posredno su ranjivi na EI uplink-a.

Bez poznavanja satelitskih komunikacija nemoguće je rekonstruisati sistem veza potencijalnog agresora i odrediti osetljive tačke sa aspekta EI. Osnovu sistema C3I savremenih armija čine upravo satelitske komunikacije. Značajni vojni efektivi u svetu danas teško mogu biti efikasno upotrebljeni i pokrenuti bez oslonca na satelitske komunikacione sisteme.

Literatura:

[1] Dukić, M.: Principi savremenih telekomunikacionih sistema, ETF Skripta. Beograd 2004.

[2] Stojčevski, Z.: Savremeni KIS i razvoj roda EI i PED, Stručni rad, VA, ŠNO, Beograd 2002.

Dejan S. Vujić,
dipl. inž.
profesor
dr Miroslav L. Dukić,
dipl. inž.
Elektrotehnički fakultet,
Beograd

ULOGA SAVREMENIH KOMERCIJALNIH TELEKOMUNIKACIONIH SISTEMA U PROCESU PLANIRANJA, ORGANIZACIJE I IZVOĐENJA VOJNIH OPERACIJA

UDC: 623.611 : 355.42/.43

Rezime:

Ubrzani razvoj komercijalnih telekomunikacionih sistema stvorio je mogućnost da se deo vojnih telekomunikacionih potreba, posebno u mirnodopskim uslovima, može u potpunosti zadovoljiti upotrebom komercijalne tehnologije. Izvidački sistem, zasnovan na specifičnoj vojnoj tehnologiji koja eksploatiše komercijalne resurse, poput pasivnih radarskih sistema i akustičkih senzora dostupnih na komercijalnom tržištu, može predstavljati primer jednostavnog i vrlo efikasnog sistema. Potrebna komunikacija sa pretpostavljenom komandom, kao i akcije koje se sprovode na osnovu dobijenih rezultata, mogu biti podržane komercijalnim sistemima zasnovanim na savremenim tehnološkim rešenjima, poput adaptivnih modulacionih postupaka i prenosa signala u proširenom spektru sa direktnom sekvencom i/ili frekvencijskim skakanjem i višestrukim pristupom na bazi kodnog multipleksa. Ovako organizovani sistemi u potpunosi zadovoljavaju mirnodopske potrebe Vojske SCG, dok se primena, delimično ili potpuno, širi i na slučajeve sukoba ograničenog intenziteta, antiteroristička dejstva i slučajeve elementarnih nepogoda.

Ključne reči: vojni telekomunikacioni sistem, sistemi proširenog spektra, adaptivni prijemnici.

ROLE OF CONTEMPORARY COMMUNICATIONS SYSTEMS IN THE PROCESS OF PLANNING, ORGANISING AND REALISATION OF MILITARY OPERATIONS

Summary:

Fast progress in commercial communications systems development has made possibilities to fulfill communications needs in military organizations, especially during the periods of peace. A reconnaissance system, based on specific military technology such as passive radar systems and acoustic sensors, available in commercial market, represents a possible relisation of a simple and highly efficient system. Necessary communication with a higher command, also as actions that are made based on gathered information, could de supported through use of commercial communications systems employing adaptive modulation processes, direct sequence and freqyency hopping spread spectrum communications and code division multiple access. In this way organised systems completely fulfill communication needs of the Army of Serbia and Montenegro during peacetime, but the applicability of such systems expends partially or fully on cases of limited military interventions, antiterrorist actions and nature disasters.

Key words: military communications systems, spread spectrum systems, adaptive receivers.

Uvod

Sa razvojem savremenih telekomunikacija koje karakteriše, pre svega, prenos multimedijalnih korisničkih sadržaja, značajno su izmenjeni uslovi u kojima se sprovodi organizacija i upravljanje vojnim operacijama. Savremena tehnološka rešenja, posebno u domenu signal-procesorskih platformi, omogućila su da se

deo savremenih komercijalnih informaciono-komunikacionih tehnologija iskoristi u vojne svrhe, posebno u mirnodopskom periodu.

Poslednjih godina dolazi do ireverzibilnog procesa i primene komercijalne tehnologije u okviru vojnih komunikacionih sistema, za razliku od druge polovine XX veka karakterisane stalnim transferom tehnologija iz vojnog u komercijalni segment društva.

Znatno jeftinija komercijalna tehnologija, masovno primenjena u vojnim sistemima po principu masovne nabavke (Components of the Shelf, COTS), omogućava brzo i ekonomično opremanje jedinica telekomunikacionim sistemima čija funkcionalnost u mirnodopskim uslovima u potpunosti može zadovoljiti potrebe vojnih jedinica. Treba posebno naglasiti da savremeni komercijalni telekomunikacioni sistemi, vrlo visokih performansi, pružaju priliku da se ublaži ili zaustavi tehničko nazadovanje oružanih snaga (OS) zemalja u razvoju u odnosu na OS razvijenih zemalja, koje raspolažu znatno većim finansijskim sredstvima.

U ovom radu prikazane su mogućnosti iskorišćenja komercijalnih telekomunikacionih sistema za potrebe Vojske SCG, pre svega u segmentu formiranja savremene i robustne telekomunikacione infrastrukture za potrebe planiranja, organizacije i izvršenja vojnih operacija.

Trendovi realizacije savremenih telekomunikacionih sistema strategijskog i taktičkog nivoa

Strategijski telekomunikacioni centri odlikuju se relativno skromnom mobilnošću i visokim stepenom oružane zaštite u širokom okruženju. S obzirom na značaj i trajnost informacija koje se prenose posebna pažnja mora se obratiti na tajnost prenosa. Informacije čija su važnost i aktuelnost trajanja više dana ili meseci moraju biti tako prenošene između strategijskih centara da se osigura mala verovatnoća njihovog otkrivanja i eksploatacije, što nije odlika taktičkih komunikacionih sistema u kojima se vrši razmena informacija čija je aktuelnost ograničena na nekoliko časova ili par dana.

Postojeći principi planiranja i organizacije vojnih akcija podržavaju opredeljenje po kojem se strategijski segment komunikacija oslanja na stacionarne sisteme. Međutim, taktički komunikacioni sistemi ne mogu se osloniti na fiksnu infrastrukturu zbog sledećih razloga, [1]:

– stacionarni komunikacioni sistemi znatno su podložniji neprijateljskim elektronskim i borbenim dejstvima;

– visokomobilne jedinice zahtevaju da i komunikacioni sistemi budu jednako mobilni;

– komunikacioni sistemi moraju ostati funkcionalni čak i ukoliko su neki od komunikacionih centara uništeni ili se neke veze između centara ometaju.

Zahvaljujući razvoju savremenih telekomunikacionih sistema moguće je pronaći jedinstveno rešenje koje može zadovoljiti i ove oprečne principe realizacije komunikacione podrške. Kao jedno od potencijalnih rešenja nameće se komunikacioni sistem u formi dvosegmentne mreže u kojoj se upotrebom stacionarnih (Fixed Wireless Access, FWA) baznih stanica (BS) ostvaruju širokopojasne veze strategijskog nivoa, sa korisnicima na rastojanjima do 50 km, primenom prenosa signala u proširenom spek-

tru sa direktnom sekvencom (Direct Sequence Spread Spectrum, DS SS) ili sa tehnologijom frekvencijskog skakanja (Frequency Hopping Spread Spectrum, FH SS) za taktičke komunikacione veze dometa do 5 km.

Raznolikost organizacije i prirode vojnih jedinica nemeću u određenoj meri i različita tehnološka rešenja prilikom podrške planiranju i organizaciji vojnih operacija. Ako se razmatra upravljanje i organizacija operacija u kojima učestvuju kopnene jedinice ranga do bataljona (ili brigade) neminovno se mora pretpostaviti centralizovani princip komunikacije u kojem mobilni korisnici komuniciraju sa jednim stacionarnim ili slabo mobilnim centrom koji pokriva određenu geografsku zonu. Organizacija mreže sa okastom strukturom u kojoj svaki korisnički terminal vrši složene relejne funkcije nije odgovarajuća za jedinice nižeg ranga, posebno voda, gde se ne može očekivati da pojedinac nosi veliku količinu složene telekomunikacione opreme. Međutim, u slučaju planiranja i organizacije operacija u okviru jedinica Ratne mornarice svakako treba uzeti u obzir prilikom planiranja operacija da je moguće realizovati vrlo žilavu telekomunikacionu infrastrukturu okaste topologije, zasnovanu na principima ad hoc mreža.

Pregled savremenih tehnoloških rešenja u domenu komercijalnih telekomunikacionih sistema

Potrebe savremenih korisnika, kako komercijalnih tako i vojnih, poslednjih godina ne mogu se zadovoljiti skupom osnovnih telekomunikacionih servisa poput prenosa govora i modemskim prenosom podataka. Potreba korisnika za velikom količinom informacija dovodi do zahteva za novim servisima poput pristupa Internetu, prenosa multimedijalnih signala protocima do 155 Mb/s, uz potreban nivo zaštite tajnosti prenosa. Primera radi, razvoj savremenih procesora za obradu digitalnih signala (Digital Signal Processor, DSP) omogućili su realizaciju jeftinih specifičnih prijemnika ili prijemnika opšte namene koji koriste niz složenih digitalnih modulacionih postupaka.

Projektovanje snažnih i fleksibilnih adaptivnih primopredajnika [2], zasniva se na optimalnom kompromisu između niza suprotstavljenih projektnih zahteva. Neki od ovih zahteva su mala potrošnja, visoka robustnost u odnosu na greške nastale prilikom prenosa signala u radio-kanalu vremenski varijantnih karakteristika, visoka spektralna efikasnost, malo kašnjenje signala kako bi se podržali multimedijalni servisi u realnom vremenu, veliki kapacitet, itd. Ovi zahtevi vode ka konceptu proizvoljnog, otvorenog, programabilnog i fleksibilnog rešenja poznatog kao softverski definisan radio [3].

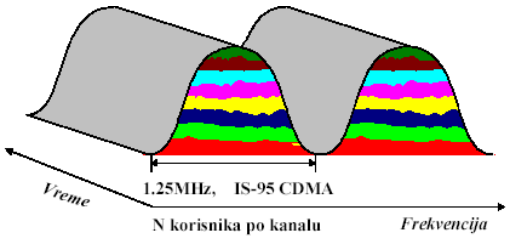
Tehologija proširenog spektra kod koje je širina opsega učestanosti u kojem se obavlja prenos signala znatno veća od minimalno potrebne za prenos poruke, nudi niz prednosti kao što su, [4]:

– potiskivanje uskopojasne interferencije;

– realizacija kodnog multipleksa (Code Division Multiple Access, CDMA), (slika 1);

– otpornost na višestruku propagaciju;

– mala verovatnoća presretanja signala (Low Probability of Interception, LPI), kada je prenošeni signal u što je moguće većoj meri „nevidljiv“;



Sl. 1 – Primer komercijalnog DS-CDMA sistema [4]

– tajnost prenosa;
– visoka spektralna efikasnost;
– precizno merenje rastojanja.

Prednost CDMA u odnosu na konvencionalne tehnike višestrukog pristupa ogleda se, pre svega, u povećanom kapacitetu sistema koji nije ograničen konvencionalnim parametrima poput broja radio kanala u sistemima sa višestrukim pristupom na bazi frekvencijske raspodele (Frequency Division Multiple Access, FDMA) i veličine vremenskog slota u sistemima sa višestrukim pristupom na bazi vremenske raspodele (Time Division Multiple Access, TDMA), već samo nivoom interferencije koji trpe aktivni korisnici u sistemu. Visoka spektralna efikasnost ostvarena je uz faktor frekvencijskog ponavljanja jednak 1, što zapravo znači da se u celom sistemu prenos ostvaruje na samo jednoj radio-učestanosti. CDMA, kao posebnu prednost, ima izuzetnu otpornost na uticaj višestruke propagacije koja predstavlja jedan od osnovnih ograničavajućih procesa prilikom radio-prenosa telekomunikacionih signala. S obzirom na to da su ostale interesantne osobine CDMA tehnologije višestruke forme diversitija, postepen handover, koji osigurava da nema izgubljenih veza, primena vokodera promenljivog protoka, laka prilagodljivost postojećoj telekomunikacionoj infrastrukturi, pre svega JFTM i JMTM, uz malu snagu predajnika korisničkih terminala i BS, čine DS i FH CDMA vrlo interesantnim tehnologijama za primenu u savremenim vojnim telekomunikacionim sistemima. Otvorena mrežna arhitektura ostavlja mogućnost da se unapređenja razvijena ne samo u okviru vojnog već i u okviru komercijalnog segmenta jednostavno integrišu u postojeće CDMA sisteme.

Ostale tehnologije poput OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) nude slične prednosti poput tehnologije proširenog spektra, uz osetno prisustvo u komercijalnim telekomunikacionim sistemima, posle vrlo pozitivnih iskustava u realnim uslovima rada.

Prednosti savremenih tehnoloških rešenja u procesu planiranja, organizacije i izvođenja vojnih operacija

Primena opisane komercijalne tehnologije u vojnim komunikacionim sistemima može zadovoljiti niz mirnodopskih potreba Vojske SCG u oblasti podrške planiranju, organizaciji i sprovođenju savremenih operacija.

Upotreba adaptivnih primopredajnika, realizovanih na DSP platformama, sa mogućnošću promene modulacionog postupka (QPSK, 64-QAM, TCM 16-QAM) u zavisnosti od nivoa šuma i namernih ili nenamernih smetnji, otežava mogućnost posrednog praćenja pokreta jedinica povezujući ih sa određenim tipom sredstva radio-veze.

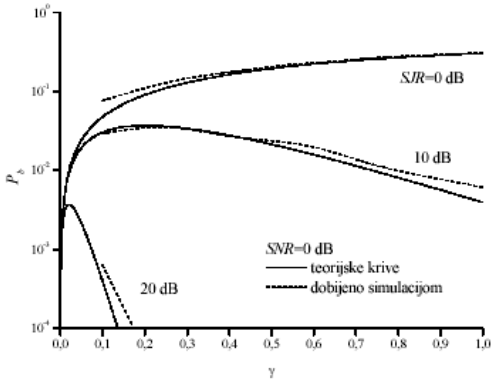
Rad u proširenom spektru znatno smanjuje verovatnoću otkrivanja broja aktivnih radio-stanica, što ostavlja mogućnost da se njihov broj zadrži u tajno-

sti. Kombinovanje komercijalnih radio-uređaja, zasnovanih na konvencionalnim tehnologijama, i sistema proširenog spektra sa direktnom sekvencom na strategijskom nivou stvara prividan utisak prestanka rada radiostanica, zbog čega se potencijalni neprijatelj dovodi u zabludu, stvaraju se preduslovi za postizanje maksimalnih efekata planiranih akcija i daje se veća sloboda prilikom upravljanja operacijama.

Broj radio-sredstava na terenu može biti vrlo veliki iz više razloga. S obzirom na to da se radi o komercijalnoj tehnologiji, pojava aktivnih prijemnika baziranih na opisanim tehnologijama izaziva manju pozornost potencijalnih neprijatelja jer povećanje broja aktivnih uređaja može predstavljati i redovan deo aktivnosti lokalnih, komercijalnih korisnika i operatora koji korisnicima pružaju telekomunikacione servise upotrebom iste tehnologije. Primenom komercijalne tehnologije u oblastima u kojima postoji i izvestan broj istih i sličnih komercijalnih tehnologija onemogućava ili značajnije otežava praćenje razmeštaja i grupisanja radio-sredstava. S obzirom na širok rejon dejstava većih vojnih formacija, do nivoa korpusa, i veliki broj komercijalnih korisnika u istoj regiji ostvaruje se efekat maskiranja komunikacija za potrebe Vojske.

Posebno je značajna činjenica da primena komercijalnih telekomunikacionih uređaja garantuje i znatno nižu cenu uređaja usled velike komercijalizacije u odnosu na vojne sisteme iste ili slične namene, ali istovremeno garantuje i jednostavnu obuku poslužilaca s obzirom na to da veći deo njih koristi istu opremu i van vojnih delatnosti. Telefonski servis ostvaren upotrebom FWA DS-CDMA sistema [5, 6], predstavlja tipičan primer telekomunikacionog sistema koji se može iskoristiti i za prenos govora u vojnim sistemima u toku mirnodopskog perioda, a sa kojim su komercijalni korisnici, vojnici na odsluženju vojnog roka i stalno zaposlena lica u vojnoj službi, upoznati. Takođe, primenom komercijalne tehnologije i opreme problem interkonekcije sa javnom fiksnom telefonskom mrežom (JFTM) i ostalim javnim telekomunikacionim sistemima ne postoji ili je minimalan. Na ovaj način, ostvareno je efikasno i kvalitetno iskorišćenje komercijalnih resursa u mirnodopskom periodu, kriznim situacijama ili u toku ratnih uslova kao dopunskih kapaciteta u službi ostvarivanja telekomunikacionih veza i elektronske borbe.

Nedostaci komercijalnih telekomunikacionih sistema poznati su od ranije, još od perioda kada su sistemi proširenog spektra uvedeni u vojnu upotrebu sredinom XX veka. Kada su u pitanju DS-CDMA sistemi, problem „blizu–daleko“, povezan sa problemom kontrole snage, nije od značaja u komunikacionim sistemima strategijskog nivoa u kojima korisnici emituju signale u stacionarnom stanju. Upotreba visokousmerenih antena i antenskih nizova samo može smanjiti nivo smetnji i zračenja koje može biti uzrok otkrivanja DS-CDMA sistema i smetnji okolnim sistemima ali i od okolnih sistema. Poznato je da su DS-CDMA sistemi podložni impulsnom ometanju [7], ali da se primenom naprednih tehnika interlivinga i zaštitnog kodiranja može primetno umanjiti efekat impulsnih smetnji, kao i širokopojasnih ometačkih signala [8]. Kada su u pitanju FH-CDMA sistemi tada se kao optimalan efekat



Sl. 2 – BER u funkciji količnika ometanog i zauzetog opsega za NCFSK pri dejstvu PBN ometača, bez šuma sistema [8]

ometanja ističe ometanje dela opsega u kojem se prenosi FH signal [9, 10]. Primera radi na slici 2 prikazana je verovatnoća greške po bitu (P_e) u funkciji količnika ometanog i zauzetog frekvencijskog opsega, γ, prilikom prenosa signala nekoherentnom binarnom digitalnom frekvencijskom modulacijom (Noncoherent Frequency Shift Keying, NCFSK) u odsustvu aditivnog belog Gaussovog šuma (ABGŠ) na ulazu u prijemnik (SNR=0), za različite vrednosti odnosa snaga korisnog i ometačkog signala (SJR=0, 10, 20dB). Izbor nekontinualnog opsega za rad i zaštitno kodiranje mogu ograničiti uticaj opisanih postupaka ometanja.

Zaključak

Primena komercijalne telekomunikacione opreme u toku planiranja, sprovođenja i izvođenja operacija u Vojsci SCG otvara mogućnost za smanjenje troškova, posebno u mirnodopskom periodu kada mogućnosti komercijalne opreme u potpunosti zadovoljavaju potrebe. Savremena komercijalna tehnologija omogućava delimičnu ili potpunu zaštitu od niza neprijateljevih izviđačkih operacija u okviru elektronske borbe. Takođe, u slučaju elementarnih nepogoda FWA sistemi i slična komercijalna tehnologija omogućavaju vrlo brzo uspostavljanje komunikacije i rešavanje problema uništene ili nefunkcionalne telekomunikacione infrastrukture na ugroženom području.

Poslednjih godina povećan je broj terorističkih napada. Može se uočiti da terorističke grupe, delujući u urbanim sredinama i u mirnodopskom periodu, koriste komercijalne komunikacione sisteme, pa je neophodno da se odgovarajuće ljudstvo u Vojsci detaljno upozna sa mogućnostima i tehnološkim karakteristikama ovih sistema, kako bi se ostvario maksimalan efekat pri odbrani i preventivnoj zaštiti od eventualnih terorističkih napada. Iskustva posle 11. septembra 2001. i napada na Svetski trgovinski centar pokazuju da se komercijalni sistemi poput FWA DS-CDMA sistema mogu efikasno iskoristiti da se brzo zameni uništena telekomunikaciona infrastruktura.

Kombinovani sa pasivnim izviđačkim sistemima, komercijalni telekomunikacioni sistemi mogu poslužiti za realizaciju efikasnog sistema u okviru sistema za EI i PED.

Vojsci SCG otvara se mogućnost da nabavkom komercijalnih uređaja i programabilnih signal-procesorskih platformi realizuje optimalno prilagođen telekomunikacioni i izviđački sistem, uz relativno male troškove, čime bi se znatno unapredili postupci planiranja, organizacije i izvođenja savremenih vojnih operacija u mirnodopskom i ratnom periodu.

Literatura:

[1] Shi, V. T. S. Evaluating the performability of tactical communications networks, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 53, January 2004 (str. 253–260).

[2] ------, FEATURE TOPIC: SOFTWARE RADIOS, IEEE Communications Magazine, Vol. 33, May 1995 (str. 24–68).

[3] Hanzo, L.; Wong C. H.; Yee, M. S.: Adaptive wireless transceivers – turbo-coded, turbo-equalized and space-time coded TDMA, CDMA and OFDM systems, John Wiley & Sons, 2002.

[4] Dukić, M. L.: Moderne telekomunikacije: odabrana poglavlja, Akademska misao, 2003.

[5] D. S. Vujić, M. L. Dukić, Analiza spoljne interferencije u DS-CDMA WLL sistemu, TELFOR'2000, Beograd, novembar 2000 (str. 219–222).

[6] Vujić, D. S.; Dukić, M. L.: Analiza interferencije u SS DS-CDMA WLL sistemu, Telekomunikacije, septembar 2002 (str. 12–20).

[7] Ponoš, Z. M.; Dukić, M. L.: Analysis of GPS receiver antijamming characteristics, IEICE Transactions on Communications, Vol. E83-B, No.10, October 2000 (str. 2411–2418).

[8] Vujić, D. S.: Opis nekih tehnika za potiskivanje širokopojasne smetnje u SS DS-CDMA sistemima, TELFOR'2000, Beograd, novembar 2000 (str. 485–488).

[9] Ćertić, J. D.; Vujić, D. S.: Analiza ometanja FH signala šumnim signalom u delu opsega signala sa frekvencijskim skakanjem, Telekomunikacije, septembar 2002 (str. 26–30).

[10] Vujić, D. S.: Ćertić, J. D.: Komparativna analiza mogućih postupaka ometanja FH signala, TELFOR'2001, Beograd, novembar 2001 (str. 238–241).

tehničke novosti i zanimljivosti

NOVI TOP ZA TENK CHALLENGER 2*

Ministarstvo odbrane Velike Britanije odobrilo je program razvoja novog glatkocevnog topa 120 mm za svoje osnovne borbene tenkove Challenger 2.

Sadašnji tenkovi Challenger 2 naoružani su topom 120 mm L30, jedinim topom ovog kalibra u naoružanju NATO koji je sa izolučenom cevi. Glatkocevni topovi 120 mm nemačkog tenka Leopard 2 i američkog M1A1/M1AZ postaju standardni za sve veći broj zemalja.

RO Defence prvi je nosilac programa izrade tehničkog demonstratora za glatkocevni top, za koji se planira proizvodnja do juna 2006. godine. Operativne analize radiće Odbrambena naučna i tehnička laboratorija, uz podršku kompanije QinetiQ u istraživačkom delu.

Za sada nema isporuka ili ulaganja za bilo koje poslove izvan programa za izradu tehničkog demonstratora. Velika Britanija očekuje da će tenkove Challenger 2 koristiti do 2020–2025. godine, za koje vreme će ih modernizovati u brojnim oblastima, uključujući ubojnost i održivost.

Top L30 koristi dva osnovna tipa municije: pancirnu, stabilizovanu od osiromašenog urana (APFSDS-T), i eksplozivnu sa mekom glavom (HESH). Municija ima odvojeni projektil i sagorivo punjenje koje se aktivira pomoću inicijalne kapisle.

Tehnički demonstrator glatkocevnog topa baziraće se na glatkocevnom topu Rheinmetall W&M 120 L/55, koji je kupljen za tenkove Leopard 2A6 za dansku i nemačku armiju. Njime će se naoružavati i pojačani tenkovi Leopard 2A6 izrađeni za Španiju i Grčku. Tenk Leopard 2 prvobitno je uveden u upotrebu sedamdesetih godina prošlog veka, sa Rajnmetalovim topom L/44. Sadašnji dugocevni top L/55 ostvaruje veći domet i koristi pojačanu municiju, a moguće je proširenje i drugih potencijala.

Najnovije Rajnmetalovo zrno APFSDS-T je DM53, koje se već isporučuje Nemačkoj, Švajcarskoj i Holandiji, a u fazi razvoja je slična, ako ne i bolja, verzija pancirnog zrna koje će imati bolje probojne mogućnosti od projektila DU iz Velike Britanije.

Današnja generacija eksplozivnih protivtenkovskih zrna trebalo bi da se zameni projektilima novog dometa. Njiho-

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 14. januar 2004.

ve najsavremenije verzije imaće programirajuće upaljače, tako da se mogu optimizirati za neutralisanje protivtenkovskih grupa i drugih ciljeva na bojnom polju.

Kupola tenka Challenger 2 treba da se modifikuje radi smeštaja glatkocevnog topa 120 mm L/55, a modifikovan treba da bude i sistem za upravljanje vatrom. Spremnik za municiju takođe treba da se prilagodi novoj municiji.

M. K.

<<<<>>>>

RUSKE PROTIVTENKOVSKE RAKETE HERMES*

Nove protivtenkovske vođene rakete velikog dometa Hermes spremne su za serijsku proizvodnju – izveštava Instrumentalni konstruktorski biro KBP (Konstrutorskoye Byuro Priborostroyenya).

Ove rakete predviđene su za korišćenje sa platformi na kopnu, moru i u vazdušnom prostoru, radi uništenja tenkova i drugih oklopnih vozila, tačkastih ciljeva i malih brodova, kao i niskoletećih sporijih vazdušnih ciljeva, na udaljenostima do 100 km.

KBP je prvi put objavio da je razvijao rakete Hermes od 1999. godine, i najavio sredinom 2003. godine da bi rakete trebalo da se ispitaju na borbenim helikopterima Ka-52. Glavni kriterijumi pri razvoju raketa Hermes bili su da se proizvede oružje sa:

– dometom koji prevazilazi domete koje imaju defanzivna oružja tipičnih ciljeva;

– bojnom glavom koja može probiti oklop debljine 1000 mm i ima ekvivalent od 15 kg TNT;

– mogućnostima dejstva danju, noću i u svim vremenskim uslovima.

KBP namerava da proizvede rakete sa dometom od 15 km, 40 km i 100 km, za različite aplikacije. Sada je u toku ispitivanje raketa sa dometom od 100 km koje koriste potisni motor.

Sistem vođenja rakete je kombinovanog tipa. U početnoj fazi leta raketom dometa 15 km upravlja se pomoću inercionog sistema, dok se raketama dometa 40 km i 100 km upravlja putem radio-komandi. Poluaktivni radarski tragač koristi se za konačno navođenje na cilj u svim varijantama. Laserski obeleživač cilja može da se izvede na uređajima sopstvenog sistema ili na spoljnim platformama, kao što su zemaljske stanice locirane u blizini cilja, izviđački helikopteri ili bespilotne letelice. Testirana su dva završna tragača: pasivni IC tragač i aktivni radarski tragač. Dva kanala za navođenje na poluaktivnom laserskom tragaču omogućavaju istovremeno lansiranje i vođenje dve rakete, a kada se koriste tragači „lansiraj i zaboravi“ (IC ili radarski) može se lansirati plotun od 12 raketa.

Za rakete dometa 40 km moguća su dva tipa kružnog lansera: jedan ugrađen na terensko vozilo i drugi – stacionarni lanser za obalsku odbranu. Mobilni lanser nosi radar za praćenje rakete i prenosnik radio-komandi za korekciju putanje leta. Izdvojeno izviđačko i komandno vozilo ima elevacioni stub na kojem su elektrooptički senzori za pretraživanje, identifikaciju, praćenje i obeležavanje cilja.

Raketa Hermes-A (avionska), dometa 15 do 18 km, namenjena je za borbene helikoptere i omogućiće im da lansiraju rakete preko dometa tipičnih raketa zemlja–vazduh koje se koriste protiv he-

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 28. januar 2004.

likoptera na bojnom polju. Ka-52 je prvi helikopter na kojem su rakete testirane.

Nišanski sistem uključuje radar koji funkcioniše u milimetarskom talasnom području i elektro-optičku kupolicu sa termovizijskim i TV kamerama, kao i dvokanalni laserski obeleživač cilja, kombinovan sa uređajem za automatsko praćenje cilja.

Raketa Hermes-K (brodska), dometa 15 km, namenjena je, uglavnom, za gađanje malih mornaričkih ciljeva, poput patrolnih čamaca, a opremljena je jednostavnim sistemom navođenja.

Verzije raketa Hermes velikog dometa ugrađivaće se na veće brodove.

M. K.

<<<<>>>>

RAKETNI SISTEM SPYDER*

Izraelski biro za razvoj naoružanja Rafael, angažujući izraelsku avioindustriju (IAI), obelodanio je novi raketni sistem zemlja–vazduh, koji objedinjava verziju ranijeg aktivnog radarski vođenog raketnog sistema srednjeg dometa vazduh–vazduh Derby, i svog najnovijeg sistema kratkog dometa i dometa izvan zone vidljivosti Python 5.

Nazvana SPYDER (Surface-to-air PYthon and DERby), nova platforma je brzo reagujući raketni sistem zemlja–vazduh niskog nivoa, namenjena za sprečavanje napada aviona, helikoptera, bespilotnih letelica i precizno vođene municije.

Sistem se sastoji od komandno-upravljačke jedinice sa osmatračkim radarom Elta EL/M2106 ATAR 3-D, i raketne vatrene jedinice koje su ugrađene na kamion konfiguracije 6 × 6. Raketna vatrena jedinica prilagođena je za bilo koju kombinaciju od četiri rakete na rotirajućem lansirnom sklopu. Osmatrački radar ima savremene mogućnosti elektronske i protivelektronske borbe, i može istovremeno da prati 60 ciljeva u zoni od 360°, danju i noću, u svim vremenskim uslovima.

Sistem ima mogućnosti za praćenje pre lansiranja i posle lansiranja, po principima „lansiraj i zaboravi“ i „korekcije cilja“. Bežična komunikacijska veza omogućava razvoj raketne vatrene jedinice na određenom rastojanju od komandno-upravljačke jedinice.

Zona zaštite sistema SPYDER proteže se od 1 km do više od 15 km, protiv ciljeva koji lete na visinama između 20 i 9000 m.

Standardna raketna baterija SPYDER ima do 6 raketnih vatrenih jedinica na jedan komandno-upravljački centar. Komandno-upravljački centar može da komunicira sa susednom raketnom jedinicom SPYDER i da razmenjuje informacije sa višim nivoom.

M. K.

<<<<>>>>

NORVEŠKA RAZVIJA MODULE ZA VOĐENJE RAKETA 70 mm*

Uz podršku Kraljevske Mornarice Norveške, kompanija Kongsberg Defence & Aerospace razvija familiju međusobno zamenljivih modula za vođenje i upravljanje, koji pretvaraju standardne nevođene rakete 70 mm, kakve su General Dynamics Hydra-70, Bristol Aerospace CRV-7 i Forges de Zeebrugge FZ 90, u vođenu municiju.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 21. januar 2004.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, april 2004.

Oružje se može lansirati sa helikoptera, malih brodova i lakih vozila, radi uništenja ciljeva, kao što su oklopni transporteri, vozila i poljske fortifikacije, na rastojanjima do 13 km.

Kao kod njihovih kopija koje su u razvoju u SAD, paketi za vođenje i upravljanje, u koje su uključena i četiri krilca za upravljanje, direktno se pričvršćuju na čelo standardnih raketa 70 mm. Osnovna varijanta kombinuje poluaktivni laserski tragač sa ulaznim podacima sa prijemnika GPS (Global Positioning System) za vreme navigacije po srednjem kursu.

Početna vatrena ispitivanja izvršena su pomoću tragača, a naredna ispitivanja biće obavljena sa GPS prijemnikom koji će se integrisati sredinom 2004. godine. Ako to bude uspešno, naredna godišnja ulaganja norveške mornarice obezbedila bi da se ovo oružje uvede u upotrebu 2006. godine.

Očekivani korisnici su norveške obalske patrole, koje već koriste sisteme obalske odbrane Hellfire. Firma Kongsberg namerava da sa tog sistema koristi lanser i laserski iluminator i sa vođenim raketama 70 mm.

Druge varijante, koje se izučavaju, uključivale bi upotrebu IC i tragača protiv zračenja.

M. K.

<<<<◇>>>>

DISTRIBUTIVNA MREŽA SENZORA ZA OTKRIVANJE SNAJPERA*

Američka istraživačka i projektna agencija DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), uz podršku Vazduhoplovne istraživačke laboratorije, uspešno je demonstrirala mrežnu senzorsku tehnologiju, kojom se mogu locirati snajperi u krugu od jednog metra.

Na ispitivanjima koja su vođena u okviru urbanih vojnih operacija u Fort Beningu, u Džordžiji, u septembru 2003. godine formiran je deo terenskih testova po programu NEST (Network Embedded Systems Technology) koji je sponzorisala DARPA.

Težišni cilj celokupnog programa NEST bio je da se obezbedi sitnozrnasta („fine-grain“) fuzija fizičkih i informatičkih procesa, što potencijalno vodi ka distributivnoj mreži od 100 do 100 000 računarskih čvorišta, koji objedinjavaju fizičke i informatičke sistemske komponente sa senzorima i aktuatorima u realnom vremenu. Čvorišta bi trebalo da su dovoljno mala i čvrsta, kako bi se, pored ručnog postavljanja, mogla postavljati i pomoću vazdušnih platformi i robotima.

Eksperimenti su sprovedeni u dve operacije: koordinatnoj mreži vojnih dejstava, korišćenjem tehnologije koju je isporučio Institut za tehnologiju iz Masečusetsa, i lociranje strelaca korišćenjem senzorske mreže, uz ekspertizu stručnjaka sa Univerziteta Vanderbilt.

Prva od njih obezbedila je praćenje u realnom vremenu plavih (prijateljskih), crvenih (neprijateljskih) i neutralnih snaga u okviru mreže. Učesnici su bili opremljeni aktivnim privescima koji su omogućavali da njihova lokacija bude otkrivena i prikazana na ručnom personalnom kompjuteru i laptop kompjuteru. Sistem je demonstrirao tačnost od oko 2 metra za vreme od oko 2 sekunde.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, april 2004.

Druga demonstracija na terenu koristila je ad hok bežičnu mrežu od jeftinih akustičnih senzora za otkrivanje pucnja. Sistem je pokazao preciznost manju od jednog metra, obezbeđujući pri tome očitavanje za 0,5 sekunde. Moguće je bilo da se uoči i razlika hitaca koje izvrši strelac kada kleči ili stoji.

M. K.

<<<<>>>>

FRANCUSKO BORBENO VOZILO PEŠADIJE*

Francuska kompanija Giat Industries izradila je prvi prototip oklopnog borbenog vozila pešadije 8 × 8 u svom istraživačkom i razvojnom pogonu Satary blizu Pariza. Za sada je izrađeno pet prototipova: četiri u verziji borbenog vozila pešadije (BVP) i jedno u verziji komandnog borbenog vozila (KBV). Vozila bi trebalo da budu završena do kraja 2005. godine.

Planira se da će prva partija od 54 vozila BVP i 11 komandnih vozila biti isporučena francuskoj armiji u 2008. i 2009. godini.

Sada se sprovode sveobuhvatna ispitivanja pokretljivosti u raznim delovima Francuske, radi testiranja pogonske grupe, upravljanja i ovešenja. Druga testna oprema koristi se za balistička ispitivanja.

BVP će imati oklopnu kupolu nove generacije Dragar, sa dvostruko punjenim topom 25 mm M811 i koaksijalnim mitraljezom 7,62 mm. Kupola će se opremiti i odbrambenim sistemom Galix i IC sistemom za odmamljivanje raketa LIRE.

Tročlanu posadu vozila činiće komandir, nišandžija i vozač, a pored njih prevoziće se i sedam potpuno opremljenih vojnika. Komandir vozila je, ujedno, i komandir iskrcnog odeljenja.

Komandno borbeno vozilo opremiće se informacionim komandnim sistemom koji je razvio EADS, a od naoružanja će imati daljinski upravljani mitraljez 12,7 mm.

Oklopna BVP proizvodiće se u gradu Roanne, gde se proizvode i osnovni borbeni tenkovi Leclerc. Kada započne masovna proizvodnja godišnje će se kompletirati po 100 vozila. Francuskoj armiji za sada je potrebno 550 BVP i 150 KBV.

Oklopni BVP pogoni dizel motor volvo D12 snage 338/405 kW (460/550 KS), u kompletu sa potpuno automatskom transmisijom sa sedam stepeni prenosa za kretanje napred i dva za nazad. Maksimalna brzina vozila biće 105 km/h, a autonomija kretanja 750 km.

Sistem za centralno punjenje pneumatika biće standardan. Mišelin pneumatici imaju run-flat uloške i hidropneumatsko ovešenje. Omogućeno je i raspoznavanje svojih snaga i protivnika, a postojaće terminalski informacioni sistem.

Oklop će biti od zavarenog aluminijuma preko kojeg će se ugraditi omotač od titanovog oklopa. Oklop će biti modularan, tako da može da se ojačava u slučaju povećanja opasnosti. Borbena masa je 27 tona.

Prvi ugovarač za oklopni BVP prvobitno je bila kompanija Satory Military Vehicles, koja je uspostavljena kao zajedničko ulaganje između Giat Industries i Renault Truck Defense. Danas je glavni ugovarač Giat Industries, a Renault Truck Defense je podugovarač, odgovoran za sve aspekte automatizacije vozila, pogonsku grupu i upravljanje.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 24. mart 2004.

Očekuje se da će uslediti i druge varijante ovog oklopnog vozila, uključujući protivtenkovska, minobacačka i inžinjerijska vozila, kao i vozila za pokretne topovske sisteme velikog kalibra, koji će biti opremljeni automatskim punjačem radi smanjenja posade u kupoli na dva člana.

M. K.

<<<<◇>>>>

NOVA GENERACIJA OKLOPNIH TRANSPORTERA PIRANA III*

Švajcarska firma Mowag isporučuje novu generaciju oklopnih borbenih transportera Pirana III, a do sada su ga već primili kupci u Južnoj Africi, Španiji i Danskoj.

Oklopni transporter naoružan je kupolom Cadillac Gage sa mitraljezom 12,7 mm i lanserom za granate. Nova Pirana III približava se projektnim uslovima teškog vozila Pirana IV (25 t) po svojoj zaštiti, sistemima, aerodinamičnosti prednjeg dela i dosadašnjim karakteristikama.

Nova generacija vozila Pirana III ima i poboljšanu pogonsku liniju i proširen korpus, čime je povećana njegova unutrašnja zapremina za 1 m^3 (do 13,5 m^3). Sada je omogućeno da se u konfiguraciji 8 × 8 u zadnjem delu smesti 14 vojnika, ili kupola za dva člana i devet vojnika. Dok je original bio amfibijski, sa ograničenjem mase do 16,5 t, nova verzija, sa svojom borbenom masom postiže maksimalnu brzinu od 11 km/h na moru pri stanju od tri jedinice.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, april 2004.

Oklopni transporter Pirana III

Osnovna oklopna konfiguracija obezbeđuje balističku zaštitu za Nivo IV, dok duplo dno štiti od mina mase do 8 kg kada eksplodiraju ispod točkova, i 5 kg kada eksplodiraju ispod patosa. Za novu generaciju vozila, ugradnja integralne trostruke donje podne ploče (uključujući i odbojnik), obezbeđuje zaštitu odozdo ne samo od mina mase 8 kg već i od kinetičkih mina kakve su TMRP-6. Zavisno od ugrađenih sistema naoružanja, taj nivo zaštite može da se ostvari pri borbenoj masi od 18,5 t.

Nova generacija vozila Pirana III nudi se sa konvencionalnim torzionim vratilima ili sa hidropneumatskim sistemom ovešenja. Ovaj poslednji ima posebne prednosti pri avioprevoženju, jer omogućava smanjenje visine vozila, mada su se svi dosadašnji kupci opredeljivali za model III C (konvencionalni).

Pri razmatranju poboljšanja pokretljivosti, ističe se da je već testirana polugusenična verzija Pirane III, sa gumenim guseničnim platnima prebačenim preko dva zadnja točka. Tvrdi se da se tako postiže 97% od pokretljivosti guseničnog borbenog vozila pešadije Bradley, uz ve-

liko smanjenje cene po milji (1,5 USD u odnosu na 17,5 USD za Bredley).

Polugusenična varijanta, pored toga, nudi i bolju otpornost od mina u odnosu na Bradley, jer vozilo ostaje pokretno i u slučaju gubitka gusenica.

M. K.

<<<◇>>>

NOVO OKLOPNO VOZILO PINCGAUER*

Firme Automotive Technik i MacNeillie's razvile su verziju oklopnog transportera terenskog vozila 6 × 6 Pincgauer, pri čemu je prva firma nosilac izrade šasije, a druga je odgovorna za novi, u celini zavareni oklop.

Automotive Technik sada je jedini proizvođač širokorasprostranjenih terenskih vozila Pincgauer, konfiguracije 4 × 4 i 6 × 6.

Verzija oklopnog transportera ponudiće se samo u konfiguraciji 6 × 6 i prevoziće 10 vojnika, uključujući posadu. Nova varena oklopna karoserija zadovoljava evropske CEN standarde Klase B6 za balističku zaštitu, koja predviđa zaštitu od NATO zrna 7,62 × 51 mm sa udaljenosti od 10 metara.

Patos vozila zaštićen je od eksplozije bombi i parčadi granata. Prema podacima iz Automotive Technik, taj pod će obezbediti zaštitu od dve NATO 12A2 ručne granate koje eksplodiraju istovremeno na samo 150 mm ispod podne ploče. Takve granate inače imaju ubojni radijus od 5 m.

Pored vrata sa leve i desne strane za komandira i vozača, obezbeđena su i dodatna vrata za brz ulazak i izlazak vojnika. Prozori omogućavaju isti nivo zaštite kao oklop, uz istovremeno visok nivo vidljivosti kroz prednje staklo. Na vozilo mogu da se ugrade sistem za NBH zaštitu i/ili sistem za kondicioniranje vazduha.

Vozilo je izrađeno na bazi šasije najnovijeg vozila Pincgauer 6 × 6 serije 718, a pokreće ga folksvagenov 5-cilindarski dizel motor, zapremine 2,5 l, koji zadovoljava standarde EURO III. Ugrađena je i potpuno automatska transmisija ZF.

Oklopni Pincgauer može se prilagoditi i za druge specijalne namene, kao što su komandna i sanitetska vozila i vozila nosači oružja.

M. K.

<<<◇>>>

AMERIČKO OKLOPNO VOZILO ZA IZVLAČENJE M88A2*

U poslednje vreme sve je veća potražnja za američkim modernizovanim oklopnim vozilima za izvlačenje M88A2. Prethodno oklopno vozilo za izvlačenje M88, sa benzinskim motorom, bilo je u upotrebi još od 1961. godine. Posle njega usledio je model M88A1 sa mnogobrojnim poboljšanjima, uključujući i nov dizel motor AVDS-1790-2DR V-12 koji razvija 552 kW (750 KS).

Dok je M88A1 lako izvlačio tenkove serije M60, to nije bio slučaj i sa izvlačenjem novijih tenkova iz serije M1 Abrams, koji su danas osnovni borbeni tenkovi u armiji i marinskom korpusu SAD.

Tenk M1, Abrams, koji je uveden u upotrebu 1980. godine sa topom 105 mm, stalno je usavršavan, da bi model

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 25. februar 2004.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 17. mart 2004.

M1A2 sa topom kalibra 120 mm i novim pasivnim dodatnim oklopom dostigao masu preko 63 t. Radi bezbednog izvlačenja i vuče ovih tenkova razvijeno je oklopno vozilo za izvlačenje M88A2. Posle intenzivnih ispitivanja sa prototipom, ovo vozilo je tipski klasifikovano avgusta 1997. godine. M88A2 može sada samostalno da vuče tenk M1A2 i obavlja ugradnju i premeštanje njegove potpuno opterećene kupole, zašto su ranije bila potrebna dva vozila M88A1.

U standardnu opremu vozila M88A2 spada snažna dizalica sa mogućnošću podizanja tereta do 31 752 kg (duplo više od M88A1). Glavni čekrk ima konstantnu snagu tegljenja od 63,5 t, za razliku od 40,82 t na ranijem M88A1.

Vozilo M88A2 opremljeno je i pomoćnim čekrkom, koji je nedostajao na M88A1, a koji se koristi za razvijanje sajle glavnog čekrka.

Originalni oklop od varenog i livenog čelika sa M88A1 dopunjen je specijalnim oklopnim slojem raspoređenim na čelo i na bočne strane vozila. Time je obezbeđena bolja balistička zaštita i poboljšane su vučne karakteristike. Radi zaštite ovešenja na bočnim stranama su dodate specijalne oklopne ploče.

Povećana borbena masa od 62,5 t iziskivala je ugradnju novih i jačih torzionih vratila, balansira i amortizera. Standardnu opremu sada čine i nove servo kočnice i podešavajuće gusenice.

Dizel motor AVDS-1790-8CR V-12, koji razvija 773 kW (1050 KS), kompletiran je sa poboljšanom automatskom transmisijom XT-1410-5A.

Određena poboljšanja su u toku u okviru programa modifikacije Blok II. To uključuje poboljšanu dijagnostiku, blok za osmatranje sa, za oči bezbednim laserom, poboljšanja u radu sa glavnim čekrkom i modulacije kočnica. Sledeća faza, Blok III, uključuje povećanje prostora za teret, brzo postavljanje balističke zaštite, povećanje preglednosti vozača i ugradnju egzotermičkog rezača.

M. K.

<<<<>>>>

KINA MODERNIZUJE TENKOVE TIP 59*

Kineska Narodna Armija (KNA) modernizuje deo svoje velike tenkovske flote, u koju spadaju i stariji tenkovi Tip 59, povećavajući njihovu vatrenu moć i održivost na bojnom polju.

Poslednja verzija tenkova Tip 59D (ili WZ120C) predstavlja njihovu najambiciozniju modernizaciju. Tenk Tip 59 izrađen je na bazi sovjetskih tenkova T-54, a po procenama čini oko 70% svih tenkova kineske armije. Nema pouzdanih podataka o njihovom broju, ali se procenjuje da ih je na upotrebi ili u rezervi 7000 do 8000.

Kineska industrijska korporacija NORINCO godinama je razvijala poboljšanja za tenk Tip 59, uključujući ugradnju izolučenog topa 105 mm NATO standarda i kompjuterizovanog sistema za upravljanje vatrom (SUV).

Osnova modernizacije odnosila se na dodatno poboljšanje toplotne izolacije topa 105 mm, pojačani pasivni oklop, automatski sistem za otkrivanje i gašenje požara i novi sistem za stvaranje dimne zavese.

Ranijom modernizacijom u SUV je ugrađivan laserski daljinomer iznad osnovnog naoružanja, gde je bio izložen

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 28. januar 2004.

vatri streljačkog naoružanja i parčadi granata. Kasnije je daljinomer integrisan u nišan nišandžije.

Kod tenka Tip 59D ugrađen je najnoviji kineski top 105 mm Tip 83-I, kao i kompjuterizovani SUV sa nišanima sa pojačivačem slike za komandira i nišandžiju. Očekuje se da ovi nišani budu zamenjeni termalnim nišanskim sistemom.

Eksplozivni reaktivni oklop (ERO), namenjen za povećanje borbene održivosti, postavljen je na čeonom delu tenka, na ravne nagibne ploče i prednji luk kupole. Ostatak kupole prekriven je zaštitnim dodatnim oklopom projektovanim tako da aktivira projektile i rakete sa protivtenkovskim bojnim glavama pre nego što udare u glavni oklop tenka.

Nedavno je obelodanjeno da je korporacija NORINCO izašla na tržište sa kompletnom familijom oklopa ERO, pod oznakom FY, kako bi se udovoljilo različitim operativnim zahtevima. Osnovni oklop FY-1 štiti samo od HEAT projektila, FY-II obezbeđuje zaštitu od HEAT i pancirnih (APFSDS) projektila, dok FY-III obezbeđuje zaštitu od HEAT bojnih glava. Najsavremeniji oklop FY-IV štiti od pancirnih APFSDS i tandem HEAT bojnih glava. Ovaj poslednji tip bojnih glava namenjen je da neutrališe ERO, tako da glavno eksplozivno punjenje probija oklop vozila.

Novi tipovi municije razvijeni su za top 105 mm, uključujući APFSDS-Tracer sa osiromašenim uranom koji znatno povećava probojnost oklopa u odnosu na konvencionalnu municiju.

NORINCO je izradio i laserski vođene rakete za top 105 mm na tenku Tip 59. Njihov maksimalni domet je 5000 m, a opremljeni su tandem PT bojnom glavom HEAT koja može da probije 650 mm konvencionalnog oklopa zaštićenog sa ERO. Kineska vojska, kao i mnoge druge armije, modernizuje deo svoje tenkovske flote, i istovremeno gradi nove generacije tenkova. Ostatak tenkovske flote KNA čine tenkovi Tip-69/79 i Tip-88.

Najnoviji kineski tenk je Tip 98 sa topom 125 mm i automatskim punjačem, kompjuterizovanim dnevno-noćnim SUV i kompletom za odbranu. On koristi laserski vođene projektile 125 mm koji su izrađeni prema ruskom projektu.

M. K.

<<<<>>>>

VIŠENAMENSKO OKLOPNO VOZILO BOKSER*

Razvoj holandsko-nemačko-engleskog višenamenskog oklopnog vozila Bokser trebalo bi da se završi 2005. godine, mada je još uvek neizvesno kada će započeti njegova proizvodnja. ARTEC (Armoured vehicle TEChnology), sa još četiri partnera, koji je nosilac razvoja, završio je izradu prototipa i očekuje se početak realizacije programa zajedničkih ispitivanja. Ukupno se radi 12 prototipa u 8 konfiguracija, a poslednji bi trebalo da se završi do jula ove godine.

Višenamensko oklopno vozilo MRAV (MultiRole Armoured Vehicle) bilo je predviđeno da ispuni zahteve Nemačke, Holandije i Velike Britanije, a svaka od ovih zemalja finansirala bi razvojnu fazu i opciju za početnu seriju od 200 vozila.

Prošle godine Velika Britanija je nagovestila povlačenje iz ovog programa, jer vozilo ne udovoljava novim zahtevi-

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 11. februar 2004.

ma britanske armije. Međutim, Velika Britanija trebalo je da participira za ostatak razvojne faze još 1,83 milijarde dolara, pa će taj novac biti prebačen na prioritetniji armijski program FRES (Future Rapid Effects System).

Nemačke kompanije Rheinmetall Land-systeme i Krauss-Maffei Wegman obezbeđuju za vozilo Bokser pogonski sklop, upravljanje i elektroniku, kompanija Stork iz Holandije snabdeva podsistemima, dok Alvis Vickers iz Velike Britanije obezbeđuje šasiju i namenske module.

Nemačka i Holandija nameravaju da nastave sa izradom vozila Bokser, ali smanjenje ukupnog broja i prebacivanje obaveza Velike Britanije na preostale partnere povećaće pojedinačnu cenu. Verovatno je da će Nemačka preuzeti šasiju, a Holandija će se usmeriti na određene namenske module. Ranije je razmatrana isporuka oko 150 vozila za nemačke snage za delovanje u kriznim situacijama do sredine 2006. godine, ali se to nije ostvarilo. Nemačka je nedavno ispoljila zahteve za nova borbena vozila pešadije Puma (410 primeraka), kao i za mnogo lakša vozila Mungo (388) i Dingo (150).

Korisnička ispitivanja vozila Bokser započeće ove godine paralelno sa ispitivanjima puzdanosti. Kvalifikaciona i korisnička ispitivanja pokriće ključne oblasti, kao što su: balistička zaštita; pouzdanost, trajnost, pokretljivost, klimatske posledice; ergonomija; mogućnosti transporta; radarska, vizuelna i IC slika; komunikacije; naoružanje i osmatranje; NBH zaštita i logistika.

Dosadašnja ispitivanja pokazala su da je pri brzini od 60 km/h autonomija vozila 1070 km. Ostvarena je maksimalna brzina na putu od 103 km/h i maksimalna brzina pri kretanju unazad 27,7 km/h.

Kompletan pogonski sklop može da se zameni za 20 minuta, a namenski modul za 60 minuta.

Ovo vozilo ima veoma visok nivo zaštite od oružja sa direktnim dejstvom, od napada iz gornje polusfere i od protivtenkovskih mina. Frontalna zaštita obezbeđenja je od pancirnih projektila 30 mm. Balistička zaštita i zaštita od mina izvedene su na pojedinim pločama i parcijalnim strukturama vozila. Jedno ovakvo vozilo može da se prevozi transportnim avionom A400M, a dva, transportnim avionom C-17.

M. K.

<<<<>>>>

LAKO JURIŠNO VOZILO SPAJDER*

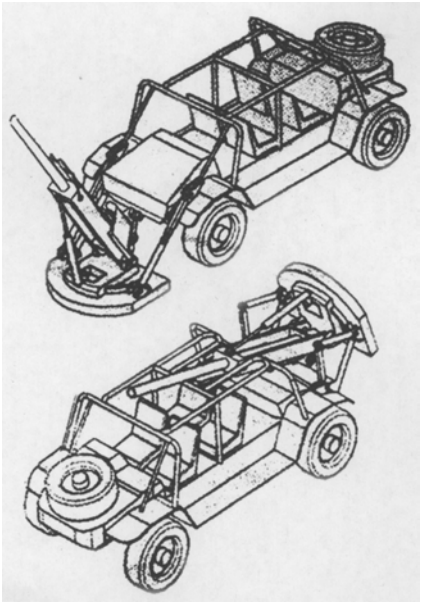
Kompanija Singapore Technologies Kinetics razvila je jurišno vozilo sa 6 sedišta Spajder, koje može da prevozi terete u rasponu od topa, teškog mitraljeza i minobacača, pa do minijaturnih bespilotnih letelica i osmatračkih senzora.

Šasija je izrađena od lake konstrukcije i ima sklopivu transportnu korpu, čime se omogućava da se po dva vozila slože za avioprevoz. U avionima C-130 može da se smesti do šest vozila Spider (Spajder).

Spajder ima pogon na sva četiri točka, a pogoni ga 4-cilindarski turbodizel motor zapremine 2,8 l, snage 130 KS, koji omogućava maksimalnu brzinu vozila od 120 km/h. Vozilom se savlađuju usponi do 60% i bočni nagibi do 50%.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, april 2004.

Vozilo može da koristi i hibridni električni pogon radi izvršenja „steltnih“ zadataka. Buduće varijante imaće sistem uvlačećih točkova, čime će se obezbediti da se ova vozila mogu prevoziti u avionu kakav je MV-22 Osprey.



Lako jurišno vozilo Spajder

Na platformu Spajdera može da se ugradi super brzi minobacački sistem firme Kinetics, čija je masa 1200 kg, a sila trzanja manja od 20 t pri opaljenju maksimalnog punjenja. Ovaj minobacač može da ispali do 18 zrna/min sa dometom do 9 km ili 13 km kada se koristi raketna municija.

Vozilo Spajder je dužine 4,5 m i širine 2 m, a korisna nosivost mu je do 1200 kg. Maksimalna autonomija je 700 km.

M. K.

<<<<◇>>>>

POLJSKI PROTOTIP VOZILA SKORPION*

Poljska je u svom kontingentu u sastavu mirovnih snaga u Iraku započela ispitivanja prvog prototipa varijante Skorpion sveterenskog vozila Honker 2000.

Kompanija Andoria-Mot iz Lublina razvila je vozilo uz aktivno učešće 4. regionalne tehničke radionice (4. OWT) iz Zurawica, a na osnovu zahteva poljske armije.

Vozilo Skorpion izrađeno je na bazi komercijalne varijante vozila Honker 2424 4 × 4, ima dizel motor Andoria 4C90 snage 100 kW, i može da prevozi pet vojnika.

Univerzalno postolje na vozilu omogućava ugradnju mitraljeza 7,62 mm, a za potrebe komandira vozila montiran je reflektor iznad prednjeg odeljenja.

Prozori na odeljenjima vozila zaštićeni su skidajućom čeličnom mrežom. Bočna vrata se, takođe, mogu brzo skidati, omogućavajući vozaču i komandiru brži izlaz.

Vozilo poseduje rezervoar za vodu, dodatne akumulatore i komplet za opštu medicinsku prvu pomoć. Rezervni točak smešten je ispred postolja za oružje.

Kompanija Andoria-Mot opremila je prvi prototip sa ran-flet (run-flat) gumama. Na prednjem delu dodati su odbojnici koji omogućavaju da se vozilom razbiju vrata i barikade.

Novi oklopni paket, koji su razvili Mikanit i vojni institut WITPiS, štiti posadu od parčadi mina.

Specijalno za upotrebu u Iraku vozilo je opremljeno varijantom radio-prijemnika ZR Radmor 3501, sa pojačivačem 50 W koji ima domet preko 50 km.

* Prema podacima iz Jane’s Defence Weekly, 14. januar 2004.

Andoria-Mot sklopila je prvi ugovor za isporuku 279 vozila Honker 2000, a sledi i ugovor na dodatnih 86 vozila, plus 80 vozila namenjenih za vezu, komandovanje i potrebe NHB zaštite.

M. K.

<<<<>>>>

DALJI RAZVOJ AVIONA F-35*

Visoki zvaničnici SAD zacrtali su kurs programa razvoja višenamenskog borbenog aviona F-35 vrednog nekoliko milijardi dolara, a odgovorni u industriji, nadležnoj za razvoj, potenciraju potrebu da se što pre započne sa probnim letovima, prouči stanje i pristupi poboljšanjima konstrukcije na osnovu spoznaja prikupljenih u toku probnih letova.

Problemi vezani za projektovanu masu proizvodne verzije za tri varijante borbenog aviona, posebno za varijantu sa kratkim uzletanjem i vertikalnim sletanjem konfiguracije STOVL (Short take-off and vertical landing), vratili su razvoj unazad za oko godinu dana.

Inženjeri su se usmerili na pronalaženje načina za smanjenje mase, smanjenje čeonog otpora i povećanje potiska motora s ciljem da se zadovolje svi zahtevi performansi. Prvi let je pomeren od 2005. godine do sredine 2006. godine.

Industrijski tim kompanije Lockheed Martin planira da izradi 22 probna aviona u okviru programske faze sistemskog razvoja i demonstracije, koja je započela krajem 2001. godine i očekuje se da traje najmanje 10 godina.

Početni probni avion ne treba da bude kao konačne proizvodne verzije aviona, ali mora da obezbedi dragocene podatke (npr. da omogući proveru sistema za upravljanje letom i potvrdi prelazne režime varijante STOVL između lebdećeg i supersoničnog leta). Takođe, probni avion trebalo bi da omogući industrijskom timu da preispita i celokupni proizvodni proces.

Dok traju razvojne aktivnosti za namenske sisteme aviona, ostali sistemi aviona i autonomna logistika ostaju po prvobitnom planu, a razvoj trupa preusmeren je zbog smanjenja mase.

Polazne procene mase aviona, zasnovane na podacima iz ranijih programa razvoja, pokazale su se netačnim, pa su konstruktori prinuđeni da menjaju konstrukciju aviona. Lockheed Martin proučava kako da olakša komponente zajedničke za sve tri konfiguracije: konvencionalno uzletanje i sletanje CTOL (conventional take-off and landing), varijantu za nosače aviona CV (carrier variant) i STOVL. Kasnije bi se istraživale mogućnosti kako da se smanje mase komponenata jedinstvenih za svaku varijantu. U pitanju je smanjenje oko 1090 kg od projektovane mase proizvodne verzije STOVL. Za varijante CTOL i CV konstruktori nastoje da smanje masu za 635 kg.

Smatra se da smanjenje mase, uz smanjenje čeonog otpora i povećanje potiska motora, treba da zadovolji zahteve performansi. Varijante CTOL i CV već prevazilaze zahteve svojih performansi za akcione radijuse do 600 nautičkih milja.

Industrijski tim je već identifikovao brojne zone u kojima se može smanjiti masa. To uključuje eliminisanje pojedinih instalacija u avionu, optimizaciju konstrukcije opreme za prizemljenje i prilagođavanje strukturnih tereta koje

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 17. mart 2004.

avion nosi na trupu. Očekuje se prihvatanje revidiranog programa za izradu okvira za rešenje problema. Jedna od opcija, za koju se zalažu u kompaniji Lockheed Martin, jeste da se podrži plan za izgradnju dva aviona CTOL i jednog aviona STOVL, čijom bi se montažom započelo sredinom 2005. godine i krenulo sa probnim letovima. Prema tom predlogu, prvi letovi bi se ostvarili u 2006. godini, posle čega bi bilo još dosta vremena da se razreše konstrukcioni problemi do faze proizvodnje, koja je za varijantu CTOL planirana za 2007. godinu, dok bi do prvih isporuka došlo dve godine kasnije.

M. K.

<<<<>>>>

ARMIJA SAD PREUZIMA ISPITIVANJA HELIKOPTERA SPEED HAWK*

Mornarica SAD prenela je svoje nadležnosti u ispitivanju složenog helikoptera velikog dometa na armiju SAD, koja je obično i nadležna za razvoj tog tipa savremene letelice. Kao rezultat toga, planovi i obim demonstracija savremene složene tehnologije helikoptera, zasnovane na platformi Sikorsky H-60, treba da se prilagode i preusmere na armiju SAD.

Razvoj tzv. rotoaviona Speed Hawk (Brzi jastreb) započeo je 2000. godine po ugovoru vrednom 26 miliona dolara, sklopljenim između Komande mornaričkih avio-sistema i kompanije Piasecki Aircraft. Početna istraživanja treba da pokažu kako savremena složena helikopterska tehnologija može znatno da poveća brzinu, dolet i manevarske sposobnosti postojećih vojnih helikoptera, uključujući UK-60 Black Hawk (Crni jastreb) koji je u naoružanju armije SAD, kao i njegove varijante koje se koriste u mornarici i vazduhoplovnim snagama SAD.

Speed Hawk je prvobitno razmatran kao potencijalna platforma za operacije mornarice pri razminiranju. Međutim, danas se razmatra i proširivanje njegove namene i za borbene istraživačko-spasilačke zadatke. Smatra se da će se helikopterima Speed Hawk armija SAD obezbediti novom generacijom helikoptera za specijalne operacije.

Prvi korak u ispitivanjima je dodavanje podižućeg krila i kanalisanih propelera promenljivog vektora potiska, ili prstenastog repa, na mornarički helikopter YSH-60F koji modifikuje kompanija Piasecki. Krilo rasterećuje glavni rotor, pa je konačno odstupanje kolebanja propelera znatno manje. Dodatna brzina postignuta je prstenastim repom koji stvara potisak.

Očekuje se da poboljšani serijski helikopter H-60 ostvari povećanje brzine za 50% i borbeni radijus za 130%. Za 50% cene novih helikoptera treba da budu poboljšani i nosivost, samostalnost razvoja i održivost. Nedostatak helikoptera Speed Hawk je povećanje mase i energije potrebne za lebdenje. Do sada je završeno 70% demonstracionog programa.

Prstenasti rep prečnika 2,438 m (8 ft) helikoptera YSH-60F uspešno je izdržao testove strukture, a uskoro se završava 200-časovni test izdržljivosti za transmisiju i reduktor.

M. K.

<<<<>>>>

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 24. decembar 2003.

VAZDUHOPLOV ZA TEŠKE TERETE WALRUS*

Oružane snage SAD izbalansirale su početak novog tehnološkog programa, nazvanog Walrus (Volres – morž), usmerenog na razvoj ogromnog aviodizača sposobnog da transportuje kompletnu jedinicu, veličine brigade, sa svom njenom opremom, na interkontinentalna rastojanja.

SAD se još suočavaju sa izazovima brzog prebacivanja velikog broja vojnika i opreme na velika rastojanja. Kao što mornarica i mornarička pešadija SAD insistiraju na svom pomorskom konceptu, tako i armija SAD traži sredstva za razvijanje jedinice, pa odgovarajuće službe razmatraju kako da brzo prebacuju te snage širom sveta.

Ideja za korišćenje specijalno projektovanih aviodizača razmatrana je među zvaničnicima odbrane SAD pre nekoliko godina, ali je sada agencija DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) – koja je često zadužena za razvoj takvih radikalnih tehnologija – saopštila da zvanično započinje sa razvojem. Ova informacija objavljena je sredinom januara, a formalni zahtev uslediće krajem ove godine.

Novi vazduhoplovi trebalo bi da budu sposobni da podižu masu od najmanje 500 tona, što će biti dovoljno za interkontinentalna prevoženja budućih jedinica za brza dejstva, koje bi trebalo da budu veličine brigade.

Ove letelice trebalo bi da budu sposobne da sleću i uzleću sa nepripremljenih terena. Očekuje se da Walrus bude hibridni aviokoncept koji se podiže putem uzgona gasa lakšeg od vazduha, kao i korišćenjem aerodinamičkih i propulzivnih metoda.

Osim toga, konceptom bi trebalo da se procene, pored ostalih faktora, i njihova brzina, korisna nosivost, mogućnost vertikalnog uzletanja i prizemljenja, ograničenja terena za prizemljenje, dolet, mesta za čuvanje, mogućnost rukovanja po surovom vremenu i raspoloživost. Nakon selekcije nekoliko koncepata, za dalji razvoj u I fazi treba da se izabere pobednik kojem bi se poverila izrada umanjenog modela radi ispitivanja leta u II fazi, koja bi započela sredinom 2005. godine. Nekoliko kompanija veruje da može započeti radove na takvom konceptu, uključujući i Lokid Martin Skunkworks.

M. K.

<<<<>>>>

MODERNIZOVANE RUSKE BESPILOTNE LETELICE*

Ruski izviđački sistem Stroj-PD, koji koristi bespilotnu letelicu Pčela-1K, ušao je u fazu prijemnog testiranja u ispitnom centru Ruskih vazduhoplovnih snaga u Ahtubinsku. Završetak ovih testiranja očekuje se sredinom 2004. godine.

Usavršena Pčela-1K (K – kruglosutočno – celodnevno) opremljena je TV kamerom niskog nivoa osvetljenja na žiroskopski stabilizovanoj platformi, dok sadašnja serijska verzija Pčela-1T ima samo dnevnu TV kameru. Neke izmene izvedene su na trupu i motoru, kako bi se poboljšao kvalitet leta u brdskim rejonima.

Raspon krila Pčele-1K neznatno je povećan, a i ravnija su u odnosu na varijantu 1T.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 28. januar 2004.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, april 2004.

Poboljšana je manevarska sposobnost uvođenjem prstenastih umesto krstastih upravnih krila. Maksimalna operativna visina za motor povećana je na 4000 metara.

I zemaljska kontrolna stanica Stroj-PD je modernizovana, uključujući ugradnju Baget kompjutera, koji se obično koristi u sadašnjoj generaciji ruske vojne opreme. Modernizovani sistem se ugrađuje na komfornija armijska vozila točkaše GAZ-66 ili Ural-4320, koji bi trebalo da imaju bolje performanse na neravnim terenima.

Pčela-1K može da izvršava izviđačke letove do 60 km, a obično leti na visinama od oko 100 do 1000 metara. Njen osnovni zadatak jeste da obezbedi indikaciju ciljeva i upravljanje vatrom artiljerije.

Pre modernizovane verzije Pčele-1K bile su izrađene u tri ranije verzije: Pčela-1T sa dnevnom TV kamerom; Pčela-1L sa linearnim IC skenerom Elf-1M; i Pčela-1VM kao vazdušni cilj. Naredne verzije u razvoju su Pčela-1P sa komunikacijskim ometačem, signalno-obaveštajna varijanta, i verzija sa laserskim osvetljivačem cilja.

Ruske oružane snage imaju, prema procenama, potrebe za 10 sistema Stroj sa po 100–120 letelica raznih verzija.

Prva serija od 36 letelica Pčela-1T, za tri sistema Stroj-P, proizvedena je u fabrici aviona u Smolensku u periodu 1991–1992. godine. Nabavka modernizovanih sistema Stroj-PD, sa letelicama Pčela-1K za ruske oružane snage planirana je za 2005. godinu. Cena pojedinačnog sistema sa 10 letelica iznosiće od 5 do 5,5 miliona USD.

U međuvremenu, završava se izgradnja i testiranje male izviđačke letelice Osa. Ta letelica je mase 25 kg, može da leti 2,5 sata pri brzini krstarenja 120 km/h, na visinama između 50 i 2500 metara. Osa je kanard konfiguracije sa delta-krilima i dvostrukim repnim stabilizatorima. Letelica je izrađena od drveta i plastike, sa klipnim motorom i dvoslojnim propelerom. Njen izviđački koristan teret sastoji se od širokougle TV kamere ili IC senzora, NHB dozimetra ili gasnog analizatora.

Osa je deo izviđačkog sistema Stroj-PB (B-blizinski), koji radi sa dve letelice Osa kojima se može upravljati do udaljenosti od 20 km, za razliku od veće Pčele kod koje je 60 km.

Stroj-PB je autonoman i mobilan. Njegova upravna stanica se ugrađuje na vojna vozila GAZ-66 ili Ural-4320, a lanser za Ose montiran je na prikolici. Vreme razvijanja je 20 minuta, a sistemom rukuju četiri lica.

Osnovna verzija Ose lansira se pomoću mehaničkog lansera, a prizemljuje pomoću padobrana. Moguće su i verzije za uzletanje i prizemljenje poput aviona

M. K.

<<<<>>>>

IZRAELSKE MINIJATURNE LETELICE*

Izraelske odbrambene snage (IDF) odabrale su kompaniju Elbit da ih snabdeva minijaturnim izviđačkim bespilotnim letelicama malog dometa Skylark (Ševa). U kompaniji ističu da je njihov cilj bio da zadovolje sve zahteve IDF, uključujući mogućnost da se letelica rutinski spusti na pet metara od operatora.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, april 2004.

Početni zahtev bio je nespecificiran broj sistema, od kojih svaki sadrži tri letelice i zemaljsku upravljačku stanicu na bazi laptop-kompjutera, s ciljem da se operativnim testiranjem potvrdi vojna upotrebljivost takvih sistema.

Elbit obezbeđuje za letelice međusobno zamenljive dnevne i noćne korisne terete, mase 4 kg i 4,5 kg respektivno. Svaki sistem će imati dva dnevna i jedan noćni korisni teret.

Skajlarkom rukuju dva lica koja mogu lansirati letelicu ručno ili uz pomoć izbacača.

Letelica nosi minijaturni autopilot i prijemnik GPS (Global Positioning System), koji omogućavaju samostalni let preko putnih tačaka. Pritom, kontrolor na zemlji upravlja senzorskim korisnim teretom umesto platformom.

Električno pogonjena letelica može da leti oko 90 minuta sa baterijom koja može da se dopunjava, a obično se koristi na rastojanjima do 10 km od snaga koje podržava. Normalna operativna visina je oko 300 metara (1000 ft).

Na kraju zadatka letelica započinje intenzivno smanjivanje brzine i razvija vazdušni trbušni balon da bi ublažila svoje prizemljivanje. Za ponovno pakovanje balona i ugradnju novih baterija za sledeći zadatak potrebna su samo dva minuta.

Kompanija Rafael uvela je sličnu minijaturnu bespilotnu letelicu koja se, takođe, naziva Skylark, i imala je početna testiranja u februaru 2004. godine. Letelica, mase 6 kg, lansira se s ramena pomoću kontejnera sa busterom ili malim raketnim motorom, poseduje nesklopiva krila i krstari na električni pogon.

Firma Malat Division, iz izraelske avioindustrije, proizvela je minijaturnu bespilotnu letelicu I-SEE, koja može, takođe, da nosi elektrooptičke (televizijske) ili IC senzore. Njene karakteristike su automatsko lansiranje i potpune datalink mogućnosti.

M. K.

<<<<>>>>

ROBOT ZA UKLANJANJE MINA*

Odbrambena naučna i tehnološka laboratorija Dstl Ministarstva odbrane Velike Britanije, obelodanila je probni prototip sledeće generacije daljinski upravljanog robota za uklanjanje mina Carver.

Carver je tehnološki demonstrator čija je cena 3 miliona funti (5, 6 miliona dolara) a izradila ga je firma Qinetiq, prema ugovoru sa laboratorijom Dstl. Ministarstvo odbrane namerava da kupi 99 novih sistema radi zamene 119 dosadašnjih robota Wheelbarrow, po ceni od oko 40 miliona funti u periodu od 2006–2007. godine.

Prototip Carver koji je ponudilo Ministarstvo odbrane SAD, po ceni od 200 000 funti, uz slične zahteve bio je isporučen početkom februara ove godine.

Laboratorija Dstl započela je projektovanje 2000. godine, posle odluke o daljem usavršavanju robota Wheelbarrow, koji je uveden pre trideset godina zbog bombaških akcija terorističkih grupa u Severnoj Irskoj.

Opterećenje na novom sistemu čini teg mase od oko 318 kg, a radi snagom od 1 kW kao i Wheelbarrow. Motor robota može jednostavno da se izvadi, a

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 25. februar 2004.

sklop gusenica je postavljen na jedinstvenoj ploči radi lakše zamene ili, čak, ugradnje točkova.

Robot je izrađen tako da se slobodan prostor može popuniti potencijalnim senzorima, uz mogućnost ugradnje i drugih priključaka sa novim mogućnostima za razvoj. Ruka robota sa trostrukom vezom predstavlja suštinsku izmenu u odnosu na ograničene opcije sistema Wheelbarrow, a priključci na njoj mogu da se dostave sa platforme automatski.

Postolje za testiranje ima masu od 420 kg s konvencijalnim baterijama. Međutim, radi smanjenja mase mogu da se ugrade litijum-jonske baterije, koje obezbeđuju oko tri sada rada.

Sistem za komandovanje i upravljanje ima otvorenu arhitekturu, kao i komercijalni sistemi.

M. K.

<<<<>>>>

FINSKI VOJNI KAMIONI*

Finska kompanija Oy Sisu Auto Ab proizvodi vojne kamione 6 × 4 serije Sisu 480 za potrebe francuske armije. Do danas je isporučeno 40 jedinica, prema ugovoru koji dospeva za realizaciju naredne godine. Ugovor je sklopljen preko francuske firme Reno kamioni, koja ima čvrst marketinški dogovor sa kompanijom Sisu.

Zahtev za francusku armiju sadrži 110 kamiona serije Sisu 480, koji će se kompletirati sa prikolicama za transport oklopnih borbenih vozila i druge vojne opreme. Prikolice nisu predmet ugovora sa kompanijom Sisu.

Vozilo je opremljeno potpuno zatvorenom kabinom sa dvoja vrata, koje obezbeđuje Reno, i koje se mogu nagnuti napred radi pristupa i održavanja pogonske grupe.

Pogonska grupa sastoji se od dizel motora Mack, snage 353 kW (480 KS), u kompletu sa transmisijom ZF model 16S221 DO. Prednji točkovi imaju električno upravljanje.

Predviđa se da će neka od vozila za francusku armiju biti opremljena dodatnim oklopnim paketom radi zaštite od vatre streljačkog naoružanja i parčadi granata.

Kompanija Sisu isporučuje vučne kamione u pogone Renoa, koji ih oprema rezervnim točkom i čekrkom, pre konačne isporuke francuskoj armiji.

Finske odbrambene snage primile su od kompanije Sisu kamione visoke prohodnosti serije E11T-8, 8 × 8, koji su opremljeni mehaničkim uređajem za brzi utovar i istovar kontejnera.

Vozila visoke prohodnosti Sisu koriste standardne komercijalne komponente, čime je omogućeno smanjenje ukupnih troškova njihovog životnog ciklusa.

Nedavno je za Abu Dabi isporučen model 8 × 8, opremljen vazduhom hlađenim dizel motorom Deutz. Taj model opremljen je karoserijom opšte namene sa spuštajućim stranicama.

Kontingent kamiona za finske odbrambene snage ima ugrađene dizel motore Cummins u kompletu sa automatskom transmisijom sa sedam stepeni pre-

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 25. februar 2004.

nosa, a točkovi se mogu opremiti i lancima za sneg.

Standardna oprema uključuje elektroupravljanje, čekrk sa električnim pogonom, koji može da se koristi na prednjem ili zadnjem delu vozila, a vučna sila je 10 t.

Na raspolaganju je i široki spektar neobavezne opreme, uključujući oklopnu zaštitu za kabinu.

Finske odbrambene snage preuzele su i 220 taktičkih vozila visoke prohodnosti E11T, 6 × 6, a očekuju se i dodatne isporuke. Najveći broj vozila ima kamionsku konfiguraciju i opremljen je spuštajućim stranicama, lukovima i ceradom. Manji broj čine vatrogasna vozila koja su namenjena vojnim aerodromima u Finskoj.

M. K

<<<<>>>>