

Vladimir V. Šepc

METODA
EFIKASNije
PROCENE
BORBENE
SITUACIJE

Mr Vladimir V. Šepc

METODA EFIKASNIJE PROCENE BORBENE SITUACIJE

Beograd 2015

Izdavač:

Veterani vojno-obaveštajne službe Srbije

Za izdavača:

General-major u penziji Radoslav Škorić

Recenzenti:

General-pukovnik u penziji dr Zlatko Rendulić, dipl. inž.

General-major u penziji dr Miodrag Gordić

Pukovnik vanredni profesor u penziji dr Zoran M. Krsmanović

Ako poznaješ neprijatelja, a poznaješ i sebe, ne moraš se bojati ni za ishod stotinu bitaka. Ako poznaješ sebe, a neprijatelja ne, na svaku pobjedu doživećeš i poraz. Ako ne poznaješ ni neprijatelja ni sebe, podleći ćeš u svakoj bici.

SUN CU VU

SADRŽAJ

PREDGOVOR	7
I DEO PROCENA EFIKASNOSTI SISTEMA VEZA U BORBI	11
UVOD	13
Glava I SNAGE ZA PROTIVELEKTRONSKU BORBU STRANIH ARMIJA	
I PROCENA NJIHOVIH MOGUĆNOSTI U BORBI	20
1. OBLCI UGROŽAVANJA SISTEMA VEZA	20
1) Elektronsko izviđanje	20
2) Elektronsko ometanje	27
3) Elektronsko dezinformisanje (obmanjivanje)	29
4) Protivelektronska borbena dejstva	30
2. JEDINICE U STRANIM ARMIJAMA ZA ELEKTRONSKO IZVIĐANJE I	
PROTIVELEKTRONSKA DEJSTVA	32
3. PROCENA MOGUĆNOSTI SNAGA ZA ELEKTRONSKO IZVIĐANJE,	
PROTIVELEKTRONSKA I PROTIVELEKTRONSKA BORBENA DEJSTVA	
NEPRIJATELjA U ODNOSU NA SISTEM VEZA OS	36
1) Procena mogućnosti neprijateljevih jedinica za elektronsko (radio-) izviđanje	38
(1) Procena daljine izviđanja	38
(2) Procena verovatnoće izviđanja	41
(3) Procena broja radio-veza koje će biti izviđane	45
(4) Procena mogućnosti goniometrisanja	46
2) Procena mogućnosti neprijateljevih jedinica za elektronsko ometanje sistema veza	47
(1) Procena daljine ometanja	48
(2) Procena verovatnoće ometanja	50
(3) Procena broja radio-veza koje će biti ometane	52
3) Procena mogućnosti neprijateljevih jedinica za protivelektronska borbena dejstva	53
(1) Procena dejstva konvencionalnim sredstvima	53
(2) Procena dejstva nuklearnim oružjem	57
4) Zaključak iz procene	60
Glava II MODELOVANJE SISTEMA VEZA U BORBI I ODREĐIVANJE	
NJEGOVE EFIKASNOSTI	62
1. TEORIJSKE OSNOVE MODELOVANJA	62
1) Opis sistema i njegovih stanja	63
2) Tokovi događaja koji prevode sistem iz jednog stanja u drugo	68
3) Matematički model sistema	68
4) Testiranje modela za različite uslove	72
2. SISTEM VEZA U BORBI KAO SISTEM MASOVNOG OPSLUŽIVANJA	72
3. PROCENA EFIKASNOSTI SISTEMA VEZA U BORBI	82
1) Podaci o organizovanom sistemu veza u borbi	82
2) Procena potencijalnog neprijatelja	84
3) Zaključci iz procene	88
Glava III PROCENA EFIKASNOSTI MERA PROTIVELEKTRONSKЕ ZAŠTITE	
SISTEMA VEZA U BORBI	94
1. OSNOVNE MERE PROTIVELEKTRONSKЕ ZAŠTITE SISTEMA VEZA	94

2. PROCENA EFIKASNOSTI MERA PROTIVELEKTRONSKIE ZAŠTITE SISTEMA VEZA	98
Glava IV UTICAJ NARUŠAVANJA EFIKASNOSTI SISTEMA VEZA	
NA EFIKASNOST RiK U BORBI.....	120
1. ULOGA INFORMACIJA U SISTEMU RUKOVOĐENJA I KOMANDOVANJA U BORBI.....	120
2. ODNOŠ RUKOVOĐENJA I KOMANDOVANJA I KOLIĆINE INFORMACIJA	125
REKAPITULACIJA.....	128
LITERATURA.....	136
II DEO PROCENA EFIKASNOSTI SISTEMA PVO U USLOVIMA PROTIVELEKTRONSKIE BORBE (ELEKTRONSKIH DEJSTAVA).....	
UVOD	143
1. ANALITIČKI MODEL ZA PROCENU EFIKASNOSTI RAKETNIH SISTEMA PVO...	143
2. PROCENA EFIKASNOSTI U USLOVIMA PEB	146
3. PROCENA EFIKASNOSTI ARTILJERIJE PVO.....	156
4. ZAKLJUČAK.....	160
LITERATURA.....	163
III DEO PROCENA EFIKASNOSTI OKLOPNIH JEDINICA U NAPADU	
UVOD	167
1. MERE ZAŠTITE KOJE SE NA TENKU MOGU PRIMENITI.....	167
2. ANALITIČKI MODEL ZA PROCENU EFIKASNOSTI PROTIVOKLOPNIH SREDSTAVA I MERA ZAŠTITE TENKA.....	171
3. ANALITIČKI MODEL ZA PROCENU EFIKASNOSTI TENKA I TENKOVSKIH JEDINICA.....	180
4. ZAKLJUČAK.....	183
LITERATURA.....	185
IV DEO PROCENA EFIKASNOSTI ARTILJERIJSKIH JEDINICA ZA PODRŠKU U BORBI.....	
UVOD.....	189
1. ANALITIČKI MODEL ZA PROCENU EFIKASNOSTI ARTILJERIJE ZA PODRŠKU	189
2. TESTIRANJE MODELA I ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA	193
3. ZAKLJUČAK	196
V DEO PROCENA EFIKASNOSTI PEŠADIJSKIH JEDINICA U BORBI.....	
UVOD.....	201
1 ANALITIČKI MODEL ZA PROCENU EFIKASNOSTI PEŠADIJSKIH JEDINICA	201
2 TESTIRANJE MODELA I ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA	204
3 ZAKLJUČAK	206
OPŠTI ZAKLJUČAK	211
PRILOZI.....	219

PREDGOVOR

Nastupila je era informatike i nije potrebno posebno naglašavati značaj prikupljanja, prenosa i obrade informacija u svakodnevnim aktivnostima, a posebno u ambijentu kakav je rat.

Tako je jedna od najznačajnijih aktivnosti svakog komandanta, odnosno komande ili štaba *procena borbene situacije* (neprijatelja, vlastitih snaga, prostora i vremena) u cilju donošenja odluke.

Najčešće i ishod borbenih dejstava zavisi od uspešno obavljenih ovih aktivnosti. Zato je ideal svake komande da procena borbene situacije, koja se obavlja pre, ali i u toku borbenih dejstava, bude što objektivnija i pouzdanija, a po mogućnosti obavljena za što kraće vreme.

Da bi se navedeno realizovalo, neophodno je koristiti i kvantitativne, odnosno matematičke metode, gde je to moguće, kako bi se što kvalitetnije procenile mogućnosti neprijatelja i vlastitih snaga.

Zato je poželjno da se proračuna njihova očekivana efikasnost sa određenom verovatnoćom.

Ova knjiga bavi se napred iznetom problematikom. U I delu knjige je obrađena tehnologija procene uz pomoć matematičkih modela, i namenjena je organima i jedinicama veze svih nivoa komandi da u toku priprema za borbu procene/proračunaju sa kakvom će efikasnošću raditi planirani sistem veza u uslovima protivelektronske borbe (elektronskih dejstava). Ako procena pokaže da će efikasnost sistema veza biti nezadovoljavajuća, potrebno je adekvatnim merama protivelektronske zaštite (PEZ) povećati njegovu efikasnost.

Ovo je moguće realizovati, jer se određene mere PEZ, odnosno njihov uticaj na povećanje efikasnosti sistema veza, mogu takođe kvantitativno procenjivati.

Efikasan rad sistema veza značajno utiče na efikasnost sistema komandovanja, jer sistem veza mora da obezbedi pravovremen, kvalitetan i tajan prenos određene količine informacija bez kojih sistem komandovanja ne bi mogao efikasno delovati.

Osnovne teorije koje se koriste u prezentiranom *metodu efikasnije procene borbene situacije* su elementi teorije verovatnoće (matematički modeli su izvedeni iz formule za totalnu verovatnoću i matematičko očekivanje) i teorija masovnog opsluživanja (kao matematički model koristi se dopunjena formula Erlanga).

Ocenu validnosti neke metode najlakše je dati ako postoji druga, slična metoda, koja je korišćena u praksi, te postoje mogućnosti da se upoređuju rezultati dobijenih procena.

Zato je u II delu knjige obrađena efikasnost raketnih sistema PVO u uslovima protivelektronske borbe (elektronskih dejstava), gde je na poznati analitički model za procenu efikasnosti raketnih sistema PVO, aplicirana *metoda efikasnije procene borbene situacije*, koja nam omogućuje da sagledamo efikasnost raketnih sistema PVO i u uslovima protivelektronske borbe, što prethodna metoda nije omogućavala.

Ponuđena *metoda efikasnije procene borbene situacije* je originalna, a pokazala se i kao univerzalna, pa je u III delu knjige obrađena procena efikasnosti oklopnih jedinica u napadu. Zato je bilo neophodno postaviti analitički (matematički) model za procenu efikasnosti protivoklopne borbe, a za to nam je poslužila prethodno opisana metoda u I delu knjige.

U IV delu knjige obrađena je efikasnost artiljerije za podršku. Ovo je još jedan primer moguće primene *metode efikasnije procene borbene situacije*. U radu su obrađene samo elementarne analize efikasnosti artiljerije za podršku, a moguće su još detaljnije procene koje nudi ponuđena metoda.

Na kraju, u V delu knjige, obrađena je procena efikasnosti pešadijskih jedinica u borbi. Procena gubitaka žive sile protivnika i vlastitih snaga je verovatno najsloženija. Međutim, primenom *metode efikasnije procene borbene situacije* može se na egzaktan način pokazati kako na procenat gubitaka u živoj sili utiču određeni i definisani parametri.

Navedeni II, III, IV i V deo knjige su u stvari samo aneksi tj. to su primeri koji potvrđuju široku upotrebu vrednosti *metode efikasnije procene borbene situacije*. Opisana metoda je primenljiva u celini, samo je parametar α , odnosno ρ računat na različite načine. Ovo je lako objasniti, jer su „ciljevi“ dejstva različiti. U prvom slučaju to su informacije, a u ostalim PO sredstva, tenkovi, avioni, raketni sistemi PVO, artiljerija za podršku, živa sila i drugi ciljevi, a različite su brzine njihovog kretanja, njihova veličina, daljine dejstva i druge osobine. Zato se ovaj parametar, koji predstavlja srednji virtualni broj ostvarenih događaja u zadatom vremenu, mora i može računati na različite načine.

Može se postaviti i pitanje šta su kriterijumi za ocenu validnosti neke metode procene, pre svega matematičke. *Prvi kriterijum* je mogućnost njene primene u praksi (da li se može operacionalizovati i prepoznati u praksi, kao i meriti i upoređivati sa ratnim i vežbovnim statističkim podacima), a *drugi kriterijum* je kolika je pomoć komandi i komandantu u proceni situacije i donošenju odluke. Opisana metoda zadovoljava oba kriterijuma. Poznato je da svaki upravljački sistem polazi od sledećih premlisa: informacija, znanja, procena i odluka. Kvantitativne metode treba da podignu nivo znanja za kvalitetniju procenu i donošenja optimalnijih odluka.

Sem iznetog, treba naglasiti i sledeće činjenice. Prva verzija ove knjige (I njenog dela) štampana je kao studija još 1994. godine u Školskom centru veze, gde je delimično i korišćena u nastavnom procesu. Zvanična verzija knjige štampana je 2004. godine. Metoda koju knjiga obrađuje do sada je korišćena u izradi magistarskih i doktorskih radova, a delovi su izlagani i objavljeni u zbornicima radova sa naučnih skupova o operacionim istraživanjima.

Primena opisane *metode efikasnije procene borbene situacije* u drugim rodovima i jedinicama (oklopnim, protivoklopnim i raketnim jedinicama PVO), prošla je cenzuru, jer su članci koji su obradivali navedenu problematiku, štampani u visoko rangiranim vojnim časopisima, a deo je prezentiran i na naučnim skupovima o operacionim istraživanjima, a zatim, takođe, objavljen u zborniku radova i tako postao dostupan javnosti, ali i njenoj kritici.

Izneti podaci nedvojbeno dokazuju da je izložena *metoda efikasnije procene borbene situacije* data na uvid širokoj javnosti, da ima višestruku upotrebnu vrednost, da je originalna (ovo нико nije osporio), te da bi njena značajnija primena vojnem školstvu i praksi bila poželjna. Uporedna analiza teorijskih rezultata i statističkih podataka iz prakse (ratnih i vežbovnih, a značajan broj primera je već obrađen u knjizi) pokazaće njene kvalitete ali i mane, pa je moguće njeno stalno poboljšavanje i usavršavanje. Ovo je potvrđeno u trećoj verziji (I dela knjige), gde je postignuto značajno poboljšanje i dogradnja ove teorije.

Metoda je primenljiva od najnižih jedinica do najvišeg nivoa jedinica, odnosno komandovanja, pa je zato primenljiva od vojne akademije, do najvišeg nivoa vojnog školstva.

Svi primeri o snagama i sredstvima protivnika, kao i razni taktičko-tehnički podaci (razne norme), koji se navode u knjizi su vremenske i promenljive kategorije. Razvoj telekomunikacija i informatike, koji je u potpunoj sprezi, je brz ali i on ima određena ograničenja u svojim razvojnim domenima (dometima). Međutim, izneta *metoda efikasnije procene borbene situacije* može biti dugotrajna jer se može osavremenjavati i dogradivati.

Prepostavimo da će u budućnosti ratove voditi roboti i kompjuteri; čak i tada, čovek će morati da procenjuje pripremljene podatke, koji su pravi i relevantni, a koji su možda lažni, ili manje važni, i na osnovu toga donositi ključne odluke. To je oblast gde je mozak vojnog stručnjaka superiorniji od kompjutera, jer u ratu postoje i faktori koji se ne mogu (ili samo približno mogu) predstaviti matematičkim modelima.

Knjiga se može koristiti u svim težišnim zadacima OS u miru, a to su: izgradnja teorije, taktičko-tehničko usavršavanje i opremanje, školstvo i borbena obuka, organizacijsko-formacijsko usavršavanje i dograđivanje, kao i operativni rad.

Knjiga daje *metod za efikasniju procenu borbene situacije* sledećim starešinama i jedinicama: veze (već se koristi), elektronskih dejstava,

protivoklopne artiljerije, tenkovskih (oklopnih) jedinica, raketnih jedinica PVO, artiljerije PVO, avijacije, artiljerije za podršku i na kraju pešadije. Izučavanjem navedene metode, ona se može usavršavati i proširiti i na druge rodove i službe. Za sada se najvažniji delovi metode mogu kompjuterski proračunavati, a postoje mogućnosti da se napravi kompletan softver.

Autor

I deo

PROCENA EFIKASNOSTI SISTEMA VEZA U BORBI

U V O D

Organizovanje i funkcionisanje rukovođenja i komandovanja (RiK)¹ u pri-premi i u toku izvođenja borbenih dejstava biće veoma značajno i složeno zbog angažovanja velikog broja različitih jedinica i komandi, kao i zbog njihove međusobne udaljenosti. Sem toga, na rukovođenje i komandovanje utiču značaj i cilj borbenih dejstava, oblik oružane borbe, vid dejstva, opšte stanje u operacijskoj zoni kao i organizacijsko-formacijska struktura (sastav jedinica i komandi), tehnička sredstva za prikupljanje, obradu i prenos informacija i obučenost jedinica i komandi.

Sastav, naoružanje i oprema OS uvijek su imali i imaju bitan uticaj na ishod oružane borbe. Međutim, ratna praksa je pokazala da organizacija oružane borbe, odnosno RiK, najviše i, najčešće, sudbonosno utiče na njen ishod. Analiza ratne prakse pokazuje da je uspeh bio uvek na strani onih koji su imali dobru i smišljenu organizaciju oružane borbe na određenom prostoru. Oružana borba kao sistem intenzivnih aktivnosti u kojem se maksimalno iskorišćavaju slabosti protivničke organizacije zahteva određen odnos uz definisane zadatke svih učesnika oružane borbe. To je sistem u kojem postoje određene koordinate svakom elementu i celini, gde dijalektička povezanost delova i celine čini suštinu organizacije.

Sistem rukovođenja i komandovanja u jedinicama sačinjavaju komande i štabovi određene organizacijsko-formacijske strukture (funkcionalno uskladenih unutrašnjih i međusobnih odnosa), sistem veza, kao i drugi podsistemi za prikupljanje, za obradu informacija, za izvođenje operativnotaktičkih proračuna, za dokumentaciju informacija, za izradu i umnožavanje dokumenata i dr.

Celokupna aktivnost starešina i komandi u procesu planiranja, organizovanja i izvođenja borbenih dejstava, a naročito procene situacije, donošenje odluke, naređivanje, izveštavanje itd. zasniva se na različitim podacima – informacijama o neprijatelju, sopstvenim snagama, zemljištu i vremenu.²

¹ U radu se koriste pojmovi rukovođenje i komandovanje (RiK), zatim oružane snage (OS) i dr., bez obzira da li su oni u skladu sa terminologijom koja je trenutno aktuelna. Opšte poznati pojmovi nisu posebno definisani, za razliku od pojnova koji imaju suštinsko značenje za razumevanje izložene materije, pa su opisno definisani. Pošto se vojna terminologija značajno razlikuje u armijama Istoka i Zapada, nije moguće koristiti univerzalnu terminologiju.

² Za uspešno RiK u ratu nephodni su: što potpunije poznavanje i neprekidno praćenje neprijatelja i potpuno poznavanje stanja i mogućnosti sopstvenih snaga; pravovremeno donošenje celishodnih odluka, izdavanje naređenja i uporno nastojanje da se ona izvrše; samostalnost i inicijativa starešina; neprekidno funkcionisanje sistema veza; poznavanje vlastite i neprijateljeve doktrine oružane borbe i sposobnost primene naše doktrine u skladu sa uslovima; organizacija čvrstog sadejstva i saradnje i neprekidno uskladivanje dejstava jedinica na određenom

Svršishodnost rukovođenja i komandovanja ne zavisi samo od subjektivnih mogućnosti starešina i komandi, već i od obima i kvaliteta informacija, od kojih je značajno istaći sledeća svojstva: relevantnost (važnost), reprezentativnost (tačnost), aktuelnost i razumljivost.

Prenos informacija obavlja sistem veza. Otuda je jasno da sistem veza treba maksimalno da bude usklađen sa svim zahtevima RiK, odnosno cilj prenosa informacija (poruka) je zadovoljenje potreba i zahteva RiK u borbi. Zahtevi RiK u borbenim dejstvima, a posebno najviše komande u rukovođenju i komandovanju u operaciji, postavljaju pred sistem veza velike i složene zadatke, kao što su:

- a) pravovremen prenos određene količine informacija (govornih, pisanih, pokretnih i nepokretnih slika i podataka) od neke komande ka pretpostavljenom, potčinjenim i sadejstvujućim, i to u oba smera;
- b) visok kvalitet i upotrebljivost prenetih informacija;
- c) kvalitetnu i brzu kriptozaštitu svih vrsta informacija;
- d) otpornost i fleksibilnost sistema veza u najtežim uslovima izvođenja borbenih dejstava, a posebno na protivelektronska dejstva protivnika i elektromagnete impulse nuklearne eksplozije (ili N-bombe);
- e) visok stepen pokretljivosti – praćenje komande u svim uslovima i neprekidno obezbeđenje veza rukovođenja i komandovanja, sadejstva, javljanja i obaveštavanja, (obezbeđenje letenja i plovidbe), i
- f) brzu detekciju, lociranje kvarova i njihovo otklanjanje, odnosno efikasno i operativno rukovođenje i komandovanje sistemom veza.

Ovo proističe iz potreba da RiK bude jedinstveno, neprekidno, elastično, efikasno, operativno i sigurno.

Na rad sistema veza može znatno da utiče neprijatelj.

Svaki eventualni neprijatelj, raspolagaće snagama za protivelektronsku borbu (PEB).³ Ovim snagama on može ispoljiti uticaj na RiK u borbi narušavanjem sistema veza (i ostalih elektronskih sistema i sredstava).

Snage i sredstva za PEB neprijatelja zavisiće od njegove opremljenosti, vrste rata i cilja koji želi da ostvari.

Težište PEB neprijatelja je na elektronskom izviđanju (EI),⁴ kako po vremenu izvođenja, tako i po izboru ciljeva. Pri tome će neprijatelj neprekidno prikupljati podatke o tehničkim karakteristikama sredstava veze, strukturi i lo-

pravcu – prostoru, kao i saradnja i koordinacija OS i ostalih subjekata društva (ovi uslovi se najčešće navode u službenoj literaturi – borbenim pravilima i uputstvima, kojih nema u popisu literature).

³ U Zapadnim armijama ova delatnost (sadržaj oružane borbe) se naziva ELEKTRONSKI RAT (Elektronic Warfare – EW), a u Istočnim RADIO-ELEKTRONSKA BORBA (radio-elektronaja barba – REB). Međutim, sadržaji i njihova klasifikacija nisu identični ali su bliski. Trenutno se u Vojsci Srbije koristi pojам *elektronska dejstva*.

⁴ Danas smo svedoci ekspanzije *prisluškivanja* svih telekomunikacija (veza), pa ova pojava poprima globalni karakter.

kaciji elemenata sistema veza. Analizom ovih podataka, uz druge obaveštajne izvore, nastojaće da sazna o namerama i aktivnostima komandi u zoni borbenih dejstava. Uz to, ove podatke koristiće radi preduzimanja protivelektronskih dejstava (elektronskog ometanja i obmanjivanja).

Neprijatelj će nastojati da prvenstveno elektronskim ometanjem (EOm), neutrališe u zoni operacije radio i radio-relejne veze VOJIN, zatim veze avijacije i artiljerijsko-raketnih jedinica, kao i osnovne veze rukovođenja i komandovanja. Težiće da neutrališe veze rukovođenja i komandovanja u kritičnim fazama borbenih dejstava, kada se komande i štabovi oslanjaju na radio i radio-relejne veze. Pri tome može paralisati za određeno vreme u celini ili delimično radio i radio-relejne veze združenih taktičkih jedinica na težišnim pravcima.

Elektronsko dezinformisanje (obmanjivanje (EOb) će pratiti ceo tok borbenih dejstava. To je, takođe, proces kojim će neprijatelj nastojati narušiti funkcionisanje sistema veza i rukovođenja i komandovanja. Izvodiće se na svim nivoima, uz širok izbor metoda i ciljeva.

Sem toga, sistem RiK i veza u borbi biće neprekidno izložen uništavanju, tj. protivelektronskim borbenim dejstvima (PEBD) u kojima će učestovati avijacija, artiljerijsko-raketne, VD, diverzantske i druge jedinice KoV. Ta dejstva biće usmerena na najvitalnije delove sistema RiK i veza u celoj zoni operacije, i to u vreme kada je najpotrebnija njihova upotreba. Komandna mesta su postala jako osetljiva, jer su podložna otkrivanju i identifikovanju, a zatim uništavanju, obzirom da su najčešće grupisana u relativno malim rejonima. Posebno mogu biti osetljiva na efekte dejstva nuklearnog oružja, gde sem poznatih dejstava (udarno, toplotno i radioaktivno) na sredstvima RiK i sistema veza utiče još i elektro-magnetni impuls nuklearne eksplozije (EMINE). Zona dejstva EMINE može biti i nekoliko puta veća od udarnog, toplotnog i radioaktivnog dejstva, a izaziva oštećenje elektronskih sredstava i spojnih puteva veze.

Poznato je da je razvijena tzv. elektromagnetna bomba (E-bomba) koja snažnim elektromagnetskim impulsom (adekvatno EMINE ali verovatno manje snage) oštećuje elektronska sredstva (telekomunikaciona, radarska, informatička i dr.). Glave sa elektromagnetskim dejstvom mogu biti montirane u vođene projektile ili bombe, odnosno u krstareće rakete. Dejstvom po KM i CV ili osmatračkim sistemima, treba da ih izbaci iz upotrebe i smanji efikasnost komandovanja.

Imajući u vidu ove mogućnosti neprijatelja, kojima može ispoljiti značajan uticaj na sistem veza a time i na RiK u borbenim dejstvima, nameću se potrebe da se stalno izučavaju sredstva i metode koje neprijatelj primenjuje u PEB, da se procenjuju moguće posledice i da se maksimalno sprovodi protivelektronska zaštita veza, odnosno zaštita RiK.

U ovom radu, pod pojmom oblici neprijateljevog ugrožavanja sistema veza u borbenim dejstvima podrazumevamo elektronsko izviđanje,

protivelektronska dejstva (PED – ometanje i obmanjivanje) i protivelektronska borbena dejstva koja neprijatelj planira, organizuje i izvodi radi prikupljanja podataka o našim snagama i onemogućavanja ili otežavanja funkcionisanja sistema veza i uništavanje njegovih elemenata u cilju dezorganizacije i narušavanja efikasnog rada sistema veza i RiK u borbenim dejstvima.

Ugrožavanje funkcionisanja sistema veza u borbenim dejstvima nejednako je intenziteta i zato je značajno procenom sagledati koje su realne mogućnosti neprijatelja da protivelektronskim dejstvima i borbenim dejstvima ugrozi naš sistem veza i kakve su posledice na sistem rukovođenja i komandovanja u borbenim dejstvima, odnosno, kakve su naše mogućnosti da u tim uslovima smanjimo efikasnost neprijateljevih protivelektronskih dejstava i i održimo potrebni nivo efikasnosti rukovođenja i komandovanja. Međutim, za sada u našoj teoriji ne postoji dovoljno egzaktan način procene mogućnosti snaga za elektronsko izviđanje, protivelektronska dejstva i protivelektronska borbena dejstva neprijatelja da bi se iz procene izvukli kvantitativni zaključci o očekivanim efektima PEB neprijatelja na sistem veza. Zato je neophodno utvrditi što bolje pokazatelje (kriterijume efikasnosti), na osnovu kojih bi dobili što realnije zaključke o mogućnostima snaga za EI, PED I PEBD neprijatelja, tj. koliko on zaista može da naruši efikasan rad sistema veza, a time da utiče na smanjenje neprekidnosti, sigurnosti, efikasnosti i operativnosti RiK u borbenim dejstvima. Drugi značajan zadatak je procena efikasnosti sistema veza u borbenim dejstvima. Otpornost sistema veza na dejstva neprijatelja potrebno je ocenjivati takvim pokazateljima koji omogućavaju sagledavanje i određivanje njegovih kvalitativnih i kvantitativnih svojstava za vreme rada u uslovima EI, PED I PEBD.

Pod pojmom efikasnost sistema veza podrazumevamo kako (kvantitativno i kvalitativno) sistem veza u borbenim uslovima izvršava zadatku, odnosno da li će preneti odgovarajuću količinu informacija (poruka) od prepostavljenog ka potčinjenim, podržavajućim i sadejstvujućim i obratno: pravovremeno (blagovremeno), kvalitetno i tajno, s ciljem da se zadovolje potrebe i zahtevi rukovođenja i komandovanja. Efikasnost sistema veza procenjivaćemo i ocenjivati na osnovu verovatnoće da će informacija biti prenešena (verovatnoće opsluživanja).

Ova verovatnoća zavisi od broja kanala veze (između dva posmatrana učesnika), količine informacija koju treba preneti između učesnika i spremnosti (raspoloživosti) organizovanog sistema veze, odnosno kanala veze koju posmatramo.

Prema tome, osnovni pokazatelj otpornosti sistema veza na izviđanje, ometanje i fizičko uništenje je verovatnoća izvršenja zadatka u tim uslovima. Objektivno sagledavanje mogućnosti snaga za PEB neprijatelja je polazna osnova za iznalaženje adekvatnih mera PEZ.

U praksi su rešeni neki elementi zaštite sistema RiK i veze, kao što su posebno pripremljeni i uređeni objekti za RiK (KM), centri veze i određeni broj čvorišta veze; na pojedinim mestima uređaji za kriptozaštitu rade u Faradejevim kavezima da bi se sprečilo oticanje podataka putem kompromitujućeg elektromagnetnog zračenja; razvojem uređaja veze i elemenata pokretnih centara veze teži se da budu što otporniji na sve oblike PEB, itd. Međutim, metode pouzdane procene mogućnosti neprijateljevih snaga za PEB u narušavanju rada sistema veza, reperkusije na RiK, mogućnosti PEZ, i efikasnost mera PEZ u borbenim dejstvima su pitanja koja je neophodno kompleksno istražiti i teorijski uobličiti, a ovaj rad nudi određene teorijske postavke za kvalitetnije rešavanje ovog pitanja.

Pod pojmom protivelektronska zaštita sistema veza⁵ podrazumeva se odbrambena aktivnost koja se sastoji od mera – postupaka organizacijske (operativno-taktičke) i tehničke prirode sa zadatkom da se obezbedi efikasan rad sistema veza, odnosno da se suprotstavi elektronskom izviđanju, ometanju, obmanjivanju i protivelektronskim borbenim dejstvima neprijatelja, kao i nemernom ometanju.

PEZ sistema veza planiraju, organizuju i sprovode organi veze komandi i štabova. Jedinice veze sprovode mere PEZ pri postavljanju elemenata sistema veza, uspostavljanju i održavanju veza a korisnici veza pri obavljanju saobraćaja veze. PEZ mora biti zasnovana na jedinstvenim načelima za sistem veza OS i sve ostale sisteme veza i imaoce sredstava veze, prilagođena konkretnim uslovima i potrebama u miru i ratu. PEZ treba sprovoditi neprekidno i dosledno.

PEZ je jedan od kriterijuma kod postavljanja taktičko-tehničkih zahteva za razvoj, preko proizvodnje, do završetka eksploracionog veka svakog sredstva veze.

Osnovni način zaštite veza ostvaruje se primenom mera PEZ. Međutim, sem PEZ, sistem veza se može štititi i na druge načine, kao što su: kriptozaštitom informacija; kontrolom saobraćaja veze; elementima obaveštajnog, bezbednosnog i inžinjerijskog obezbeđenja; osiguranjem; sopstvenim PEBD po elementima za EI i EOm protivnika, i elektronskim dezinformisanjem (obmanjivanjem). Zato u vezi egzistira pojam zaštita veza i informacija⁶, koji je širi od pojma PEZ i u sebi sadrži sve napred izneto.

⁵ Prema internoj literaturi definicija ovog pojma glasi: PEZ veza je skup mera i postupaka koje preduzimaju jedinice veze i korisnici veza radi zaštite od EI, PED I PEBD neprijatelja.

⁶ Interna literatura ovaj pojam definiše: „Zaštita veza i informacija podrazumeva mere i postupke koji se preduzimaju radi zaštite sistema veza (uredaja, instalacija i dr.), informacija i poslužioca od neprijateljevog prisluskivanja, lociranja (goniometrisanja), ometanja, obmanjivanja i fizičkog uništenja. Zadaci zaštite veza i informacija su da omoguće neprekidno funkcionisanje sistema veza, pravovremen, kvalitetan i tajan prenos informacija u cilju zadovoljenja potreba RiK OS“.

Klasifikacija mera PEZ može biti različita, zavisno od toga šta je kriterijum klasifikacije. Tako npr. ako je kriterijum klasifikacije kojim sredstvima i načinom se realizuje PEZ, moguće ih je klasificirati na:

- organizacijske (operativno-taktičke),⁷
- tehničke, i
- kombinovane.

Moguća klasifikacija prema istom kriterijumu bila bi i na:

- pasivne, i
- aktivne.

Takođe je moguća klasifikacija prema tome od kojeg elementa PEB obavljaju zaštitu na:

- mere zaštite od EI (pasivnog i aktivnog);
- mere zaštite od PED (pasivnog i aktivnog; namernog i nenamernog);
- mere zaštite od PEBD (klasičnim i specijalnim oružjem).

Po vremenu primene mera PEZ moguća je klasifikacija na:

- mere PEZ koje se koriste u toku planiranja;
- mere PEZ koje se koriste u toku ostvarivanja (realizacije) sistema veza, i
- mere PEZ koje se koriste pri korišćenju (eksploataciji) veza.

Moguća klasifikacija prema istom kriterijumu bila bi i na:

- stalne mere PEZ, i
- povremene mere PEZ.

Jedna od mogućih klasifikacija PEZ veza je i prema kriterijumu ko ih sprovodi, na:

- mere PEZ koje sprovode poslužioc;
- mere PEZ koje sprovode starešine elemenata sistema veza;
- mere PEZ koje planiraju i organizuju organi veze, i
- mere PEZ koje sprovode korisnici veza.

Verovatno ovim nisu iscrpljene sve moguće klasifikacije⁸ mera PEZ. Ovaj rad će se zadržati pre svega u domenu klasifikacije na: organizacijske i tehničke mere PEZ veza, a delimično i na ostalim klasifikacijama. Ostali (posebni i pojedinačni) pojmovi definisaće se u kontekstu izlaganja.

Prema tome, predmet ovog rada je procena oblika neprijateljevog ugrožavanja sistema veza, zatim procena efikasnosti sistema veza i procena povećanja

⁷ Ima gledišta da su organizacijske i operativno-taktičke mere dve grupe mera. Prema službenoj literaturi i drugim internim materijalima našim i stranim, organizacijske i operativno-taktičke mere tretiraju se kao jedinstvena grupa mera. Smatramo da je to ispravno i da ih treba tretirati samo kao ORGANIZACIJSKE. U OS stranih zemalja PEZ se najčešće deli na organizacijske i tehničke mere.

⁸ Tehničke mere PEZ se klasificiraju i na: prostornu, frekvencijsku, faznu, polarizacionu, vremensku, amplitudnu, struktturnu i kombinovanu selekciju (literatura br. 20).

efikasnosti sistema veza različitim merama PEZ u borbenim dejstvima, odnosno operaciji kao njenom najvišem obliku.

Tehnologiju ponuđene procene mogu koristiti organi i jedinice veze da bi procenili što kvalitetnije i pouzdanije u kakvim će im uslovima raditi planirani sistem veza, ali i organi i jedinice za EI i PED da bi procenili koliko će narušiti sistem veza protivnika sa planiranim snagama za EI i PED.

Glava I

SNAGE ZA PROTIVELEKTRONSKU BORBU STRANIH ARMIJA I PROCENA NJIHOVIH MOGUĆNOSTI U BORBI

1. OBLICI UGROŽAVANJA SISTEMA VEZA

1) Elektronsko izviđanje

Elektronsko izviđanje (EI)⁹ planiraju, organizuju i izvode strane armije kao deo opštevojnog izviđanja, u okviru obaveštajnog obezbeđenja borbenih dejstava, s ciljem da za potrebe RiK prikupe podatke o našim snagama neophodne za procenu situacije i odlučivanje, kao i podatke o našim elektronskim sredstvima i sistemima potrebne za protivelektronska dejstva (ometanje i dezinformisanje), protivelektronska borbena dejstva i vlastitu protivelektronsku zaštitu.

Po značaju, elektronsko izviđanje može biti taktičko, operativno i strateško, a s obzirom na sredstva kojima se izvodi:¹⁰ radio-, radio-tehničko, radarsko, optoelektronsko, akustičko (hidroakustičko) i senzorsko. Izvodi se sa kopna, mora (u moru) iz vazduha i kosmosa, neprekidno u miru, za vreme priprema i u toku borbenih dejstava. Obavljuju ga jedinice za elektronsko izviđanje,¹¹ a za potrebe protivelektronskih dejstava i jedinice za protivelektronska dejstva.

Dalje preciznije pojmovno određenje i klasifikacija elektronskog izviđanja nije nužna, jer je predmet našeg razmatranja samo jedan njegov deo, a to je radio-izviđanje, odnosno elektronsko izviđanje sistema veza.

Radio-izviđanje¹² (RI) je vrsta elektronskog izviđanja (pasivno), koje obuhvata prisluškivanje (otkrivanje, praćenje i tehničku analizu signala) radio-, radio-relejnih (radio-troposferskih i satelitskih) i integrisanih spojnih puteva; određivanje lokacije (goniometrisanje) elemenata sistema veza (stanica, centara i čvorišta veze); obradu podataka (delimičnu i potpunu), i analizu sadržaja saobraćaja veze (dekriptiranje kriptograma i dr.), a izvodi se radi prikupljanja

⁹ Ovakav pristup o elektronskom izviđanju dat je u internoj literaturi, a na isti način može se tretirati elektronsko izviđanje naših snaga.

¹⁰ Klasifikacija je načelna, jer su klasifikacije elektronskog izviđanja u stranim armijama različite. Radio-tehničko izviđanje podrazumeva otkrivanje radara, a termin je preuzet iz Istočne literature, dok se na Zapadu koristi kratica ELINT (Electronik Intelligence).

¹¹ Nekada se mogu koristiti i jedinice veze.

¹² Definicija je izvedena iz više definicija o radio izviđanju.

podataka o našim snagama. Za razliku od radio-izviđanja, pojam elektronsko izviđanje sistema veza¹³ je širi, jer u sebi sadrži radio-izviđanje ali i elektronsko izviđanje žičnih spojnih puteva.

Pozitivne osobine radio-izviđanja su: izvršava se bez neposrednog kontakta sa izvorom zračenja elektromagnetskih talasa (omogućava tajnost izviđanja); pokriva velika prostranstvo (od taktičkih do strategijskih dubina), čije granice zavise od fizičkih svojstava prostiranja elektromagnetskih talasa u izabranom frekvencijskom području; sve aktivnosti se izvršavaju nezavisno od doba dana, godišnjeg doba i trenutnih meteoroloških uslova; obezbeđuje mogućnost pravovremenog, neprekidnog i pouzdanog prikupljanja informacija o našim snagama, sve dok su naše veze u dejstvu i dok postoji interes za takvim podacima; obezbeđuje prikupljanje informacija u relativno kratkom vremenskom intervalu; obezbeđuje prikupljanje podataka sa svoje teritorije u miru i ratu, u svim vidovima i oblicima borbenih dejstava; omogućava brzo i lako manevrisanje radio-izviđačkim snagama i sredstvima (mogu biti smeštena u specijalna transportna vozila, letelice, na brodove ili u veštačke satelite) na druge objekte, sa jednog na drugi pravac (zonu) i dr.

U slabe strane radio-izviđanja spadaju: mogućnost dezinformisanja u slučaju kada se organizuju lažne radio-veze ili kada se prenose lažne informacije u dejstvujućim radio-vezama. Ovu slabost radio-izviđanja treba znalački koristiti. Efikasnost radio-izviđanja, prikupljanje podataka o radio-vezama i preko njih o borbenom rasporedu, namerama i drugim podacima o našim OS, zavisi i od: intenziteta rada naših radio-veza; kriptološke vrednosti primenjene kriptozaštite; primenjivanja mera PEZ koje imaju za cilj da otežaju protivniku radio-izviđanje, kao i stručne osposobljenosti i iskustva protivnikovih radio-izviđačkih jedinica.

Radio-izviđanje po značaju može biti taktičko (blisko-bliže), operativno i strategijsko (daljinsko-dalje), a to znači da se RI obavlja na različitim dubinama (daljinama) izviđanja.¹⁴

Ovo zavisi od: uslova rasprostiranja elektromagnetskih talasa¹⁵ (frekvencijski opseg i sredina kroz koju se prostiru elektromagnetski talasi); parametara naših radio- i radio-relejnih sredstava (snage predajnika, koeficijenta pojačanja predajne antene itd.); parametara izviđačkih sredstava (osetljivost prijemnika, pojačanje prijemne antene i dr.), i nivoa električnog šuma prostora na kojem se nalazi uređaj za RI.

¹³ Izviđanje signalne veze koja se ostvaruje svetlosnim i zvučnim talasima može se takođe ovde razmatrati. Sem toga, pod ovim pojmom mogu se podrazumevati i svi ostali oblici EI (pasivnog i aktivnog) s kojima se mogu izviđati elementi sistema veza.

¹⁴ Dubina (daljina) radio-izviđanja je maksimalno rastojanje (udaljenost) na kojoj je moguće otkriti i uspešno pratiti rad naših radio- i radio-relejnih veza. Postoje egzaktne metode za određivanje (proračunavanje) daljine RI o kojima će u daljem tekstu biti reči.

¹⁵ Teorija o rasprostiranju (propagaciji) elektromagnetskih talasa neće se u ovom radu obrazlagati (smatra se da je poznata).

S obzirom na navedene faktore, dubina radio-izviđanja na srednje ispresečanom zemljištu i sa zemaljskim radio-prislušnim sredstvima kreće se, načelno,¹⁶ u ovim granicama:

- a) pri izviđanju zemaljskih radio-stanica VVF/UVF¹⁷ opsega, snage 15–20 W do 25 km (dubina optičke vidljivosti);
- b) pri izviđanju avionskih radio-stanica VVF/UVF opsega zavisno od visine leta aviona, stotinu i više kilometara (100–400 km);
- c) pri izviđanju RR stanica VVF i UVF opsega snage 10 W oko 40 km;
- d) pri izviđanju zemaljskih radio-stanica VF opsega snage 10–20 W, prijemom površinskih talasa do 25 km, a snage 100–200 W oko 50–70 km;
- e) pri izviđanju zemaljskih radio-stanica VF opsega prijemom prostornih talasa, zavisno od snage i visine frekvencije, od 100 do nekoliko stotina i hiljada kilometara.

Primenom najsavršenijih radio-izviđačkih sredstava moguće je obezbediti prikupljanje podataka sa velikih dubina izviđanja.

Međutim, radio-izviđačkim jedinicama određuje se zona izviđanja. Ona se, načelno, poklapa sa zonom obaveštajne odgovornosti komande koja planira i organizuje RI, a po potrebi i sa zonom interesovanja ako to dozvoljavaju tehničke mogućnosti RI sredstava.

Težište RI, u određenoj zoni, usmerava se na težište borbenih dejstava, odnosno na naše snage koje će imati odlučujući uticaj u tim dejstvima.

Informacije koje se prikupljaju RI, proizvod su loših osobina radio i radio-relejnih veza, pa se često nazivaju demaskirajući znaci. Uslovno, ove informacije dele se na operativne (operativno-taktičke) i tehničke.¹⁸ Prva grupa informacija sadrži podatke o našim snagama, neophodne za procenu situacije i odlučivanje, a to su: pripreme za b/d, rejoni prikupljanja, grupisanje snaga, borbeni raspored, organizacije RiK i dr. Druga grupa informacija sadrži podatke o našim elektronskim uredajima i sistemima, a neophodni su za dalje organizovanje RI i PED. To su pre svega: frekventni opseg u kojem rade uredaji veze, tehnički parametri uredaja i podaci za rad stаница veze (radne frekvencije, pozivni znaci, vrsta rada, vreme rada i dr.).

¹⁶ Prezentirani podaci potvrđeni su i u praksi, tj. ovi podaci su dobijeni statističkom obradom empirijskih podataka.

¹⁷ Dubina RI radio-stanice UVF koristeći troposfersko rasipanje može da bude i više stotina kilometara (500–600 km).

¹⁸ Klasifikacija ovih podataka može biti i drugačija. Tako se demaskirajući znaci dele na: opšte i operativno-tehničke, odnosno na: operativno-taktičke, tehničke i organizacijsko-radne podatke.

Elementi kojima se realizuje RI su: radio-prislušne stanice,¹⁹ grupe i centri; radio-relejne prislušne stanice i grupe; radio-goniometarske stanice i grupe, i radio-izviđačke grupe. Navedeni elementi mogu biti samostalni ili u sastavu jedinica za elektronsko ometanje, odnosno PED.

Organizacija i struktura savremenih sistema za radio-izviđanje direktno zavisi od namene sistema, funkcije sistema i tehničko-tehnoloških mogućnosti praktične realizacije. To su tri osnovne komponente koje bitno utiču na izbor koncepcije i idejnog rešenja sistema.

Svaki sistem za radio-izviđanje treba da obezbedi prikupljanje, analizu i obradu podataka potrebnih za identifikaciju radio-signala i radio-predajnika.

Funkcije sistema izvršavaju se kroz:

- pretraživanje²⁰ sa detekcijom prisutnih radio-signala (otkrivanje – detekcija),
- analizu signala za potrebe određivanja osnovnih tehničkih parametara signala u smislu prepoznavanja i klasifikacije radio-emisija (primarna analiza – klasifikacija),
- određivanje geografskih koordinata izviđačkog objekta (radio-goniometrisanje – lociranje),
- praćenje radio-signala i zapisivanje informacionog sadržaja (praćenje – zapisivanje),
- analizu signala za potrebe određivanja dodatnih tehničkih parametara signala koji opisuju specifičnosti radio-predajnika i to u smislu prepoznavanja, odnosno dobijanja „otiska prsta“ predajnika (sekundarna analiza – identifikacija),
- obradu podataka radi potpunog opisivanja izviđanih objekata, odnosno sredstava i sistema radio-veza (obrada), i
- izveštavanje o rezultatima izviđanja i komuniciranje sa drugim sistemima (izveštavanje – prenos).

Za prisluškivanje koriste se različita sredstva kao što su: radio-prijemnici, analizatori spektra, merači polja i dr.

¹⁹ Prislušne stanice obično sačinjavaju 2 i više prijemnih uređaja i drugi dodatni uređaji (za praćenje i analizu frekvencijskog spektra, za zapisivanje sobraćaja veze, za izbor antene, za postavljanje zahteva za goniometrisanje i drugo). Ovo sačinjava jedno radno mesto, a stanica može imati i više radnih mesta.

Mogu biti stacionarne (namenjeni za duži rad na istom prostoru), zbog čega se postavljaju u posebne (utvrđene) objekte i pokretni (namenjeni za rad u poljskim uslovima), radi čega se montiraju na motorna vozila, oklopne transportere, letelice, brodove, satelite i dr. Podrazumeva se da stanice imaju i ljudsku posadu (ne sve, npr. bespilotne letelice i sateliti) i odgovarajuću dokumentaciju za rad.

²⁰ U praksi se najčešće koristi pojам *prisluškivanje* koji podrazumeva otkrivanje, primarnu analizu i praćenje radio-signala emisije.

Primarna (tehnička) analiza i klasifikacija obuhvata primenu složenih postupaka analize signala u realnom vremenu za određivanje tehničkih parametara koji opisuju primjenjeni postupak modulacije. Ovi parametri omogućavaju prepoznavanje²¹ tipa radio-emisije (identifikaciju) i od interesa su za donošenje odluke o prijemu i praćenju radio-emisija. Oni se koriste i za iniciranje procesa radio-goniometrisanja predajnika.

Određivanje geografskih koordinata izviđanih predajnika bazira na merenju radio-smerova pomoću dva ili više radio-goniometara. Tačna lokacija predajnika određuje se metodom triangulacije, hiperboličnom i dr. Merenje radio-smera ostvaruje se različitim metodama²² i sistemima. Među najpoznatije sisteme spadaju: Adcock, Doppler, Wullenweber, okvirni (razmagnuti, ukršteni, rotirajući, jednostruki itd.), a u novije vreme i interferometarski. Pored sistema koji mere radio-smer u horizontalnoj ravni (azimut) koriste se i sistemi, čiji se antenski sistemi sastoje od velikog broja elementarnih antena (npr. vertikalnih dipola) raspoređenih po krugu. Kružni raspored obezbeđuje istovremeno merenje i azimuta i elevacije. To omogućava određivanje približne lokacije radio-predajnika samo sa jednim radio-goniometrom.

Intenzivan razvoj digitalne obrade signala našao je primenu i konvencionalnim metodama radio-goniometrisanja. Digitalna obrada signala u ovim sistemima mora se ostvarivati u realnom vremenu. Zato je značajna pojava specijalizovanih procesora za obradu signala, signal procesora, koji obezbeđuju veoma brzo izvršavanje određene klase algoritama. Pored konvencionalnih metoda, razvoj digitalne tehnike i višekanalnih prijemnika omogućio je primenu nekih novih metoda radio-goniometrisanja, koje su ranije bile poznate, ali nisu imale širu primenu. Ove metode se karakterišu direktnom digitalnom obradom signala bez analogne predobrade.

Posebno je značajan uticaj digitalne tehnologije na: automatizaciju upravljanja, prikaz rezultata i proširivanje osnovnih funkcija radio-goniometarskih sistema sa novim kao što su pretraživanje spektra, automatska detekcija i klasifikacija signala, korišćenje baze podataka o signalima i sl.

Savremene radio-goniometarske mreže omogućavaju potpuno automatsko određivanje lokacije nepoznatih predajnika, što značajno doprinosi povećanju

²¹ Literatura br. 63. Zaštita telegrafskih veza od identifikacije pri EI. Analizom tehničkih karakteristika telegrafskih signala kod pojedinih telegrafskih uređaja (zbog tehničke nesavršenosti) moguća je identifikacija objekata izviđanja pri EI (RI).

²² Osnovne metode goniometrisanja su: amplitudna (po maksimumu, minimumu i poređenjem signala), fazna i frekventna (literatura: 2, 13, 21 i 28). Literatura 28, poglavljje III, Metode radio-goniometrisanja, obrađuje detaljno ovu problematiku. Kao konvencionalne metode radio-goniometrisanja obrađuju se amplitudne i fazne, gde se signal najčešće obrađuje u analognom obliku. Sem toga, u poslednje vreme, primenjuje se i radio-goniometrisanje analizom talasnog fronta, gde se koriste digitalne metode obrade.

efikasnosti sistema, a posebno pri goniometrisanju radio-predajnika sa kratkotrajnim emisijama (komprimiranim ili frekventnim skakanjem).

Praćenje radio-signalata obuhvata primenu različitih hardverski i/ili softverski realizovanih sredstava (sistema) za obradu signala. Praćenje radio-emisija obuhvata i zapisivanje informacionog sadržaja radio-signalata (poruka koje se prenose).

Sekundarna analiza i identifikacija obuhvata primenu složenih postupaka analize signala u realnom vremenu i van njega, radi određivanja dodatnih tehničkih parametara za opisivanje radio-signalata (u slučajevima kada primarna analiza ne obezbeđuje klasifikaciju signala) i tehničkih parametara za identifikaciju radio-predajnika.

Obrada podataka obuhvata primenu različitih analitičkih postupaka koji treba da obezbede potpunu identifikaciju objekata izviđanja (radio-predajnika, radio-mreža) sa podacima o nameni, prostornom rasporedu, pripadnosti i načinu, vremenu i intenzitetu komuniciranja. Ovi podaci koriste se za formiranje izveštaja radio-izviđanja, odnosno oni postaju obaveštajni podaci.

Složenost problema koji se rešavaju u okviru radio-izviđačkih sistema i velikog broja aktivnosti, upućuje na potrebu automatizacije sistema.

Sistemi za radio-izviđanje organizovani su po podsistemima koji predstavljaju odredene funkcionalne celine (po potrebi i fizički odvojene) sa delimičnom ili potpunom autonomnošću rada.

Prema tome, savremeni sistemi za radio-izviđanje predstavljaju vrlo složene merno-računarske sisteme sa mrežom individualnih računara (multiprocesorski računari), namenski projektovanih za izvršavanje skupa funkcija izviđanja. Pored toga, ovi sistemi koriste različite programske upravljaljive uređaje (radio-prijemnike, demodulatore, magnetofone itd.), kao i brze procesore signala za digitalnu obradu signala u realnom vremenu u okviru primarne i sekundarne analize signala. Tako organizovani radio-izviđački sistemi predstavljaju dinamičke sisteme sa mogućim promenama u toku rada.

Ovi sistemi koriste različite memorejske medije za smeštaj podataka (diskove, magnetne trake, mehuraste memorije, diskete i dr.) i različite modele baza podataka.

Uloga operatora je i dalje vrlo značajna u ovim visokoautomatizovanim sistemima. Praktično iskustvo i obučenost operatora doprinosi efikasnijem rešavanju problema identifikacije predajnika.

Najsavremenija potpuno automatizovana, kompjuterski upravljana sredstva za EI, integrisana su u nove generacije vazduhoplova i plovnih objekata, a sličan trend sledi i KoV.

Primera radi, navodimo i sledeće tehničke pravce koji karakterišu tendenciju razvoja sredstava za radio izviđanje: proširenje talasnog područja pokrivenog jednim prijemnikom; povećanje osetljivosti prijemnika i goniometara; obezbeđenje visoke stabilnosti merenja izviđanih signala;

automatsko upravljanje uređajima, obezbeđivanje velike brzine u procesu traženja, otkrivanja i goniometrisanja; uvođenje elektronsko-cifarskih metoda indikacije podešavanja frekvencije u prijemnim uređajima; minijaturizacija i mikro-minijaturizacija uređaja; obezbeđenje visoke izdržljivosti uređaja pri dugotrajnoj i neprekidnoj eksploataciji u različitim klimatskim uslovima; široko uvođenje elektronsko-računarske tehnike, automatizacija postupaka detaljne tehničke analize signala; dobijanje podataka u realnom vremenu bez značajnog zakašnjenja (verovatnoća otkrivanja je vrlo velika, $P_i \approx 1$), i povezivanje sredstava za EI sa uređajima za ometanje, ostalim izviđačkim uređajima i sistemima za upravljanje vatrom.

Radio-izviđanje, s obzirom na vrstu veza koja se izviđa, ima svojih osobnosti. Uslovi za izviđanje radio-veza VF opsega su povoljniji zbog načina rasprostiranja (površinske i jonosferske komponente) elektromagnetskih talasa ovih frekvencija koji dosežu velike domete, te se mogu prislушкиvati sa bezbednih udaljenosti. Sem toga, u ovom opsegu je teže obezbediti usmeravanje elektromagnetne energije na relativno manjem prostoru. Kod radio-veza VVF/UVF opsega rasprostiranje EMT je uglavnom pravolinijsko (u granicama optičke vidljivosti), pa je za prislушкиvanje radio-veza ovog opsega neophodno prići na granice direktnе vidljivosti. Zbog toga se RI ovih veza najefikasnije obavlja iz letilica. U ovom opsegu lakše se postiže usmeravanje energije zračenja, pa je i to otežavajuća okolnost za njihovo prislушкиvanje.

Izviđanje radio-relejnih veza²³ je znatno teže (upoređujući ga sa RI VF i VVF radio-veza) zbog mogućnosti izrazitog usmeravanja energije EMT u željenom pravcu. S obzirom da radio-relejni uređaji obezbeđuju prenos višekanalne telefonije, telegrafije i dr. (sa frekventnom ili vremenskom raspodelom kanala), RI je otežano, jer iziskuje pored prijemnih uređaja i odgovarajuće dodatne uređaje (multiplekse, modeme i dr.).

Izviđanje žičnih veza je najteže, jer zahteva direktno priključivanje na žični spojni put ili neposrednu blizinu koja je neophodna za induktivnu vezu, i to zavisno od vrste žičnog spojnog puta. U odnosu na mesto priključivanja, kojih na žičnom ili integrisanom spojnom putu može biti više (i nekoliko desetina), neophodna je različita oprema (po količini i složenosti uređaja). Osim klasičnog metoda izviđanja (prislушкиvanjem spojnog puta) treba istaći mogućnost prikupljanja informacija i posredstvom kompromitujućeg elektromagnetnog zračenja (KEMZ) koje može biti konduktivno (preko napojnog voda) i induktivno (zračenje u etar).

²³ Izviđanja troposferskih i satelitskih veza se posebno ne analiziraju, jer naše OS, za sada, ne raspolažu ovim vrstama veza. Problematika izviđanja i ometanja satelitskih veza delimično je obrađena u literaturi 51.

2) Elektronsko ometanje

Elektronsko ometanje²⁴ je aktivno protivelektronsko dejstvo namenjeno da zračenjem elektromagnetskih talasa proračunate snage ili upotrebom pasivnih elemenata, oteža ili onemogući prenos informacija u radio- i radio-relejnim vezama, s ciljem da se naruši RiK OS.

Razvijena su sredstva i sistemi za elektronsko ometanje u svim ambijentima u kojima se izvodi oružana borba (zemlja, vazduh, more i kosmos). Može se realizovati sa teritorije protivnika i sopstvene teritorije. Izvodi se raznim vrs-tama ometača višekratne i jednokratne upotrebe²⁵ i smetnji (selektivne i pojase; modulisane i nemodulisane; aktivne i pasivne; raznih oblika signala smetnji i dr.). Elektronsko ometanje sprovode specijalizovane jedinice koje obrazuju ometačke stанице, grupe i centre za upravljanje elektronskim ometanjem. Sem toga, u prikupljanju podataka za ometanje oslanjaju se na jedinice za RI ili imaju njihove elemente u svom sastavu. U OS stranih zemalja intenzivno se razvijaju sredstva i sistemi za ometanje, usavršavaju tehnike, metodi i oblici izvođenja ometanja. Pretežno se uvode autonomni i automatizovani ometački sistemi velikih mogućnosti. Da bi ovi sistemi bili što efikasniji, moraju zadovoljiti odgovarajuće uslove. Navode se neki od tih uslova: da bude istog stepena pokretljivosti i otpornosti na vatrena dejstva kao jedinice koje podržavaju (vreme postavljanja za rad, odnosno pripreme za pokret do 5 minuta, posluga samo 2 čoveka itd.); da prekriva širok opseg frekvencijskog spektra, da bude frekvencijski agilan i kompatibilan sa sistemom veza koji koristi sopstvena jedinica; da ima mogućnost promene snage; da koristi usmerene i neusmerene antene i da ometa iz pokreta; da ometa više ciljeva selektivno ili pojasno (da može da ometa i 3 frekvencije jednovremeno); da automatski reaguje na pojavu signala veze koji se želi ometati (tzv. odgovarački ometač) i dr.

Po značaju ometanje se može uslovno podeliti na ometanje radio- i RR-veza strategijsko-operativnog i taktičkog nivoa, te se u skladu sa tim definišu daljine (dubine)²⁶ i zone ometanja. Daljina ometanja zavisi od: snage ometača i uređaja koji se ometa; rastojanja između učesnika veze koja se ometa; položaja (visine) ometača i uređaja koji se ometa; pojačanja i usmerenosti antena; korišćenog frekvencijskog opsega; vrste rada i modulacije i dr.

²⁴ Prema internoj literaturi.

²⁵ Uslovna podela, a ometači jednokratne upotrebe nazivaju se i potrošni. Sem toga ova sredstva se mogu deliti na sredstva za individualnu i kolektivnu zaštitu. U KoV-u za individualnu zaštitu se koriste projektili, rakete i bombe koje stvaraju dimne ili aerosolne oblake, pasivni dipoli i IC mamci, te repetitorski (odgovarački) ometači radara i sredstava veze. Ova sredstva deluju automatski, stvaranjem pasivnih ili aktivnih smetnji. Montiraju se na tenkove, razne transportere i vozila, kao i na avione, helikoptere i bespilotne letelice.

²⁶ Daljina elektronskog ometanja je maksimalna udaljenost na kojoj je moguće efikasno ometati pojedine vrste veza. Proračun daljine ometanja obradiće se naknadno.

U teoriji o elektronskom ometanju egzistira pojam koeficijenta ometanja, koji izražava brojčani odnos snaga ometačkog i korisnog signala na ulazu u prijemnik.²⁷ Za različite vrste rada i modulacije ovaj koeficijent je različit i on izražava otpornost pojedinih vrsta modulacija, odnosno vrste rada na ometanje. U stranoj literaturi postoje različiti podaci o vrednostima ovih koeficijenata, što je i razumljivo, jer se oni svrstavaju u podatke koji se javno ne publikuju (predstavljaju vojnu tajnu). Sopstvenih rezultata u istraživanju ove oblasti nema dovoljno i nisu dovoljno verifikovani, a nisu zahvaćene ni sve vrste rada i modulacije. Međutim, možemo zaključiti na osnovu poznavanja osobina prenosa pojedinih vrsta modulacija i vrsta rada, podataka iz literature i određenih rezultata istraživanja, koji su delom potvrđeni i na raznim vežbama, da je stepen otpornosti na ometanje amplitudno²⁸ modulisanih signala najmanji, frekventno modulisanih nešto veći, a impulsno modulisanih signala najveći.

Već je konstatovano da sve vrste veza ne pružaju iste uslove za elektronsko izviđanje, te je logičan zaključak da ne pružaju iste uslove i za ometanje.

Radio-veze VF zavisno od snage predajnika, vrste rada i drugih faktora, mogu se ometati lakše ili teže, i to površinskom i prostornom komponentom. Ove veze u združenim taktičkim jedinicama najčešće se ometaju površinskim talasima. U tom slučaju efikasnost ometanja je prevashodno zavisno od snage ometača²⁹ i radio-uređaja koji međusobno održavaju vezu, rastojanja između učesnika u vezi i vrste rada (za različite vrste rada neophodan je različiti koeficijent ometanja). Radio-veze VF opsega strategijsko-operativnog nivoa mogu se ometati i prostornim talasom. Na efikasnost takvog ometanja utiču još i uslovi rasprostiranja EMT u prostoru, te se ovo ometanje može vršiti i sa velikih udaljenosti. Sve VF radio-veze uglavnom se ometaju selektivno.

Radio-veze VVF/UVF ometaju se selektivno ili pojasno. Omatači se moraju približiti (rasporediti) u granice optičke vidljivosti radio-uređaja koji se

²⁷ Koeficijent (faktor) ometanja na ulazu u prijemnik dat je izrazom (literatura br. 13, i 21):

$$K_o \geq \left[\frac{P_o}{P_s} \right], \text{ gde je } P_o - \text{snaga signala ometanja na mestu prijema, a } P_s - \text{snaga korisnog}$$

signala na mestu prijema.

Koeficijent ometanja se utvrđuje eksperimentalno, posebno za svaku vrstu modulacije i vrstu rada. Njime se odreduje koliki mora biti signal ometanja u odnosu na korisni signal na mestu prijema korisnog signala da bi ometanje bilo efikasno. Upoređenje signala može biti prema snazi ili naponu.

²⁸ Jagić S.: *Uticaj namernih smetnji na komunikacionu mrežu divizije KoV* (magistarski rad, 1981), empirijskim putem (merenjem razumljivosti prijema logatoma) dobio je rezultate da je koeficijent ometanja za A3 = 0,25÷0,5, a za F3 = 0,5÷1.

²⁹ Za ometanje površinskom komponentom snaga ometača najčešće iznosi 1 do 2, a prostornom 5 do 10 kW.

ometaju. Ovo predstavlja otežavajuću okolnost za protivnika, jer sa ovim ometačima mora da ide u borbeni raspored jedinica prve linije, te su izloženi dejstvu vatrene podrške naših jedinica. Zato se često ometači smeštaju u letelice (pre svega helikoptere) koji se u datom momentu postavljaju u pogodan položaj za obavljanje ometanja. Na ovaj način povećava se i dubina ometanja. Radio-veze VVF/UVF su najmasovnije, koriste se prevashodno u taktičkim jedinicama, ređe koriste usmerene antene. Zbog masovnosti ove veze su najčešće izložene pojasnom ometanju kada je neophodna veća snaga ometača³⁰ (jer se raspoređuje na broj kanala koji se ometaju).

Radio-relejne veze nije lako ometati, ukoliko se omatač ne nalazi u optimalnoj poziciji. To znači da mora biti u osi sa dijagramom zračenja antene (glavnog snopa ili zadnje, odnosno neke od bočnih lepeza). Zbog toga se ometači za ometanje RRv najčešće montiraju u letelice koje mogu zauzeti optimalni položaj za ometanje. Sem iznetog, RRv moguće je u izvesnim uslovima ometati korišćenjem refleksije talasa od prirodnih ili veštačkih objekata, kao i upotrebom pasivnih elemenata, uz pomoć artiljerije ili bacanjem iz letelica, koji za određeno vreme prekidaju radio-relejnu vezu ili joj narušavaju kvalitet.

Treba naglasiti da će protivnik, s obzirom na njihove osobine, verovatno primenjivati i ometače jednokratne upotrebe,³¹ a u određenim uslovima i pasivno ometanje (npr. ometanje RRv pomoću oblaka staniol listića).

U radu nisu razmatrana sredstva za ometanje vođenih ubojnih sredstava, kao sredstva zaštite određenih elemenata borbenog rasporeda pa i KM i elemenata sistema veza, jer ova oblast prevazilazi ometanje veza (telekomunikacija).

3) Elektronsko dezinformisanje (obmanjivanje)

Elektronsko dezinformisanje je skup mera i postupaka koje neprijatelj planira i realizuje upotrebom sredstava veze da bi naveo naše snage na pogrešne procene, zaključke i odluke. Takođe, spada u aktivna protivelektronska dejstva.

Ne zalazeći dalje u obrazlaganje metoda i klasifikacije elektronskog obmanjivanja, ističemo samo metod dezinformisanja, kojim se može uticati na RiK OS. To je upadanje protivničkih (pripremljenih) stanica u naš radio- i radio-relejni saobraćaj radi prenošenja lažnih naređenja, izveštaja, obaveštenja i dr.

³⁰ Za pojасно ometanje Rv VVF snaga ometača kreće se od 0,8 do 2 i više kW, a za ometanje iz letelice do 200 W.

³¹ Omatači jednokratne upotrebe (potrošni) mogu ometati na daljinama do nekoliko stotina metara, da imaju snagu ometanja do 10 W, da ometaju selektivno i pojасно u VF i VVF opseg, da ometaju u trajanju od nekoliko časova, a mogu se baciti iz letelica ili artiljerijskog oruđa ili se mogu postavljati ručno i programirati za početak ometanja.

što može imati krupne posledice (povlačenje sa položaja, upućivanje jedinica u pogrešnom pravcu, otvaranje vatre po sopstvenim snagama i dr.).³²

S obzirom na vreme reagovanja na određena naredjenja, na primjenjenu kriptozaštitu, na masovna korišćenja radio-veza VVF opsegna na taktičkom nivou, ove veze će biti najčešće izložene dezinformacijama protivnika. Da bi se postiglo efikasno obmanjivanje, moraju se dobro poznavati naši sistemi veza (poznavanje podataka za rad, saobraćaja, legitimisanja, mera PEZ i dr.), što zahteva prethodno prikupljanje podataka RI³³ i pripremu jedinica i operatora za ovakav oblik dejstva. Uslovi izvođenja borbenih dejstava pružaju mogućnosti za masovniju primenu raznovrsnih načina dezinformisanja protivnika, ali i naših snaga.

4) Protivelektronska borbena dejstva

Protivelektronska borbena dejstva (PEBD)³⁴ su aktivna dejstva kojima se fizički uništavaju ili izbacuju iz upotrebe na određeno vreme sredstva i sistemi veze, s ciljem da se naruši ili oteža rukovođenje i komandovanje. Izvode se konvencionalnim i specijalnim borbenim sredstvima, a mogu ih izvoditi svi vidovi i rodovi ali i posebne snage opremljene specijalnim sredstvima. Ciljevi PEBD su svi elementi sistema veza (stanice, centri, čvorišta i spojni putevi). Ovi elementi sistema veza nisu podjednako osetljivi na PEBD. Najosetljiviji su radio-predajni, radio-relejni centri i čvorišta, jer se otkrivaju zračenjem EMT, a teže im je obezbediti i fizičku zaštitu, jer se postavljaju izdvojeno.

Izgrađena rešetka stacionarnog dela sistema veza OS sa većim brojem izdvojenih elemenata (čvorišta veze) pruža mogućnosti za izvođenje PEBD, i to posebno specijalnim snagama i sredstvima.

Pokretni centri veze, kao elementi KM, postali su posebno osetljivi zbog gustine razmeštaja.³⁵ Na relativno malom prostoru razmešta se određeni broj štabnih kola i vozila veze na međusobnom rastojanju od 50 do 250 m, što predstavlja unosne ciljeve za vatrena dejstva protivnika. Ovakvi CV podložni su otkrivanju i identifikovanju, a zatim iznenadnim napadima, posebno specijalnih jedinica³⁶ u vidu specijalnih VD ili kao ubaćene ili ostavljene grupe.

³² Iskustvo iz savremenih lokalnih ratova (arapsko-izraelski) posebno ukazuju na značaj ovog metoda (oblika) dezinformisanja. Ovakvo obmanjivanje naziva se IMITATORSKO.

³³ Ovi podaci se mogu prikupiti i zarobljavanjem ljudi, dokumenata veze, vrbovanjem ili izdajom i dr.

³⁴ Prema internoj literaturi.

³⁵ Ovom pitanju mora se posvećivati posebna pažnja, a pre svega inžinjerijskom uređenju i maskiranju KM i CV, kao i čestom premeštanju KM i CV.

³⁶ U OS stranih armija razvijene su i specijalne jedinice za tzv. antiteroristička dejstva, kao što su: u OS SAD „Delta“, „Zelene beretke“, „Rendžeri“ i dr.; u OS V. Britanije „SAS“; u OS Nemačke „GSG-9“; u OS Rusije „Specnaz“ i dr.

U sklopu PEBD treba računati sa upotrebatom nuklearnog oružja, gde se poznatih dejstava (udarnog, topotnog i radioaktivnog) na sredstva i sisteme veza utiče još i elektromagnetni impuls nuklearne eksplozije (EMINE),³⁷ čija zona dejstva³⁸ može biti i nekoliko puta veća od zona udarnog, topotnog i radioaktivnog dejstva, a izaziva oštećenja elektronskih sredstava i spojnih puteva veze.³⁹ EMINE predstavlja realnu opasnost za elektronska sredstva i sisteme, nekada čak i veću od ostalih vidova dejstva N-oružja. Kod elektronskih uređaja najosetljiviji su na uticaj EMINE elementi kao: diode, tranzistori, integrisana kola i dr. Osnovni uzrok oštećenja je proboj spoja, koji se definiše pragom energije oštećenja.

Prema načelima upotrebe N-oružja NATO jedan deo projektila se upotrebljava za PEBD, odnosno za dezorganizaciju RiK-a.⁴⁰ Visinske N eksplozije na većim visinama izazivaju promene u električnim svojstvima atmosfere (ionizaciju), što može uticati na rasprostiranje radio-talasa, tj. izaziva smetnje ili prekide u radio-vezama.⁴¹ Razvojem E-bombe postižu se identični efekti EMINE, pa će se ovo oružje koristiti umesto N-oružja u određenim uslovima.

Može se zaključiti da se kao posebno rentabilni ciljevi za sve vrste oružja, pa i masovnog uništavanja smatraju komande, komandna mesta i centri veze. Njihovim uništenjem dezorganizuje se sistem RiK i na taj način ostvaruju određeni taktički i operativni ciljevi. Neprijatelj će najverovatnije od N-oružja primenjivati nuklearne projektille male i veoma male snage, jer se ovim oružjem mogu postići relativno dobri rezultati, a radioaktivne padavine površinskih nuklearnih eksplozija ne bi zahvatile teritoriju zemlje po kojoj su efekti radioaktivnih padavina nepoželjni.

Savremene koncepcije PEB (elektronskih dejstava) su sveobuhvatno i jedinstveno korisanje elektromagnetskog spektra i sajber prostora u vojnim dejstvima.

³⁷ Kratkotrajni impuls (oko 1 μs) velike amplitude uspostavlja se brzinom od oko 5 kV/ns za rezonantne frekvencije od 100 kHz do 100 MHz (literatura 1).

³⁸ Pri N-eksploziji na velikim visinama (egzoatmosferske) EMINE može imati maksimalne vrednosti reda više desetina kV/m na površini od više stotina hiljada km², a da pri tome uticaj udarnog, topotnog i radioaktivnog dejstva bude beznačajan (literatura 30).

³⁹ EMINE onesposobljava žične spojne puteve na prostoru koji je nekoliko puta veći od onog koji zahvata udarno dejstvo.

⁴⁰ Iz iskustva vežbi NATO: jedan N projektil od 5 kt sa niskom vazdušnom eksplozijom pored neposrednih gubitaka prouzrokuje i prekid svih vrsta veza u trajanju od 3–4 časa na površini od 160 km² (literatura 30).

⁴¹ Visoka N eksplozija na 50–70 km izaziva najduže prekide u radio-vezama VF opsega. Radio-veze prostornom komponentom mogu biti prekinute u radijusu od oko 90 km u trajanju od 5–12 časova (literatura 1 i 58).

2. JEDINICE U STRANIM ARMIJAMA ZA ELEKTRONSKO IZVIĐANJE I PROTIVELEKTRONSKA DEJSTVA

Jedinice za EI i PED⁴² u stranim armijama imaju organizacijsko-formacijsku strukturu (ljudstva i sredstava) koncipiranu i prilagođenu prema elektronskim sredstvima i sistemima suprotne strane eventualnih protivnika, po kojima te jedinice treba da ispoljavaju dejstva. Njihov sastav zavisi i od usvojene koncepcije izvođenja protivelektronske borbe u dotičnoj armiji.

Jedinice i sredstva za PEB u KoV, RV i RM se normalno razlikuju po strukturi, nameni i zadacima, što je uslovljeno razlikama u izvođenju borbenih dejstava na kopnu, moru, vazdušnom prostoru i kosmosu, različitim elektronskim sistemima koji su objekti dejstva, kao i drugaćijem načinu operativno-taktičke primene pojedinih komponenata PEB⁴³.

Da bi razmotrili jedinice i sredstva za EI i PED u jedinicama KoV stranih armija treba istaći najvažnija i najmasovnija radio-elektronska sredstva i sisteme za koje je KoV kao vid OS posebno zainteresovana da ih izviđa ili neutrališe. Upravo ta sredstva i sistemi kao objekti PEB najneposrednije i utiču na broj, vrstu i strukturu jedinica i sredstava za EI i PED. Ti sistemi interesovanja u KoV-u su sledeći: radio-, radio-relejne, troposferske, satelitske i druge vrste veza u svim rodovima i službama KoV, tj. sistem veza (telekomunikacija), radarska sredstva u artiljerijsko-raketnim jedinicama PVO, u raketnim jedinicama (Z-Z) i za otkrivanje vatreñih položaja artiljerije i minobacača, radarska sredstva za obezbeđenje letenja na malim i ekstremno malim visinama, te ostala radarska, radio- i optoelektronska sredstva koja se koriste za nišanjenje i navigaciju vođenih ubojnih sredstava (raketa i bombi), kao i radio-veze (V-V i Z-V) na avionima taktičke avijacije (za vazduhoplovnu podršku), i radarska sredstva za osmatranje i otkrivanje pokretnih ciljeva (žive sile i tehnike). Sem navedenog, jedinice KoV-a i ostali vidovi, opremljeni su raznim optoelektronskim sredstvima i senzorima.

Shodno iznetom, za izvođenje PEB u KoV stranih armija razvijene su sledeće vrste jedinica: za izviđanje i ometanje veza (radio-, radio-relejnih i ostalih bežičnih veza); za izviđanje i ometanje radarskih sredstava različite namene i vođenih ubojnih sredstava, kao i beskontaktnih upaljača; za optoelektronsko izviđanje i ometanje i za maskiranje objekata i jedinica od elektronskog izviđanja (radarskog i optoelektronskog).

⁴² U stranim armijama ove jedinice se različito nazivaju, a u ovom radu koristiće se jedinstveni naziv – jedinice za EI i PED ili skraćeno jedinice PEB.

⁴³ Vidi. Prilog br. 1: Pregled osnovnih karakteristika sredstava za RI i RTI (ELINT).

Organizacijsko-formacijska struktura ovih jedinica može biti vrlo različita, a jedinice mogu biti samostalne ili u sastavu drugih rodova ili službi. Prema broju zadataka koje izvršavaju, postoje jednonamenske i višenamenske jedinice za EI i PED. Tako imamo primere gde su objedinjeni zadaci izviđanja, ometanja i dezinformisanja, pa i drugi obaveštajni i bezbednosni zadaci.

Takve jedinice nalaze se u OS SAD (i još nekih NATO zemalja). Drugi primer su odvojene jedinice za izviđanje, odnosno ometanje ali uz postojanje čvrstog sadejstva, kao što je to u OS Rusije (i ostalih zemalja ZND). Zavisno od zadataka koje treba da izvršavaju, prilagođava se njihova organizacijsko-formacijska struktura.

Ako se jedinice formiraju po prvoj varijanti, prednosti su što se ne dupliraju sredstva za EI i može se očekivati efikasnija upotreba sredstava za EOM (sve potrebne podatke za ometanje prikupljaju same), ali pošto obavljaju više zadataka (PEB, obaveštajne i dr.) realizacija može biti dosta složena.

U drugom slučaju jednostavnije je izvršavanje zadataka (svaka jedinica se bavi rešavanjem jednog – osnovnog zadatka), izviđački delovi jedinica za EOM mogu se koristiti i za prikupljanje obaveštajnih podataka (što povećava ukupne mogućnosti EI), ali je stalni problem neprekidno i pravovremeno sadejstvo između jedinica za EI i EOM.

Naredna klasifikacija jedinica za EI i PED je prostor (ambijent) gde se nalaze ciljevi dejstva. Tako postoje jedinice koje dejstvuju sa zemlje i iz vazdušnog prostora po ciljevima na zemlji, a podržavaju jedinice KoV u borbenim dejstvima, i jedinice koje dejstvuju sa zemlje po ciljevima u vazd. prostoru, tj. ove jedinice izvršavaju zadatke u sklopu sistema PVO jedinica, objekata i teritorije.

Jedinice za EI i PED u KoV-u su organizovane u vodove, čete, bataljone i pukove (grupe – brigade). Nalaze se u sastavu frontova (grupa armija – NATO), armija (korpusa – NATO) i divizija⁴⁴. Pukovi (brigade) u prvom borbenom ešelonu, a pre svega na težištu borbenih dejstava ojačavaju se jedinicama za EI i PED (vodom do čete).

Kao primer navodimo karakteristike dela jedinica za PEB⁴⁵ u armijskom korpusu i diviziji OS SAD, u kojima su objedinjene funkcije izviđanja (obaveštajnog rada) i zadataka PEB (elektronskog rata), obe delatnosti se istovremeno

⁴⁴ Ilustracija u prilogu br. 2.

⁴⁵ Ovi podaci se navode da bi se istakla respektabilnost jedinica za PEB. Konkretni podaci o snagama za PEB iz različitih izvora međusobno se znatno razlikuju. Do podataka o snagama za PEB se teško dolazi, a zavisno od izvora često su čak i kontradiktorni, zbog toga je teško dati precizne i validne podatke o organizacijsko-formacijskoj strukturi ovih jedinica. U prilozima od 1 do 4 daju se verovatni podaci jedinica za PEB po nivoima komandovanja i njihovo grupisanje u zoni i šema načelnog rasporeda (borbeni raspored) za izvršenje zadatka. U ovom razmatranju nisu iznete snage za PEB u vazduhoplovstvu i mornarici, već samo u KoV-u. S obzirom da je cilj ovog rada procena efikasnosti sistema veza, odnosno metoda procene, zadovoljićemo se prikazom ovih snaga u najmasovnijem vidu.

izvode sa zemlje i vazdušnog prostora (preko 20% sredstava je na letelicama KoV). Prikupljanje, analiza i obrada podataka objedinjeno je u jednom centru, a u okviru komande sve se povezuje u jedinstveni informacioni sistem. Sredstva su montirana na motornim vozilima i oklopnim transporterima, a deo na letelicama (sa i bez posade), pa se obezbeđuje potrebna dubina izviđanja i ometanja (pokriva se zona odgovornosti)⁴⁶. Sredstva se karakterišu velikom automatizacijom, malim brojem poslužilaca i brzom (kratkom) spremnošću za rad i pokret, a i mogućnošću rada u pokretu. Jedinice su tako projektovane da mogu da izvode najveći deo veza i radara protivnika i da ometaju veze i radarska sredstva na težištu borbenih dejstava. Težište je na ometanju veza (radio-, radio-relejnih i troposferskih), ometači mogu da ometaju različite vrste rada i modulacija, i višekanalne emisije sa frekventnom i vremenskom raspodelom kanala veze, a radarsko ometanje usmereno je na ometanje trupne PVO, odnosno na ometanje radara za otkrivanje VP artiljerije i minobacača, borbenih sredstava i žive sile. Pokrivaju široki spektar frekvencija (izviđanja radio-veza od 0,5 do 500 MHz, radio-relejnih od 20 do 4000 MHz i radara od 500 do 18000 MHz, a ometanja u nešto užem opsegu). Treba napomenuti da će ove jedinice sigurno moći da pokriju sve potrebne frekventne opsege. Opremljene su i za upotrebu potrošnih ometača, koji će se spuštati u rejone protivnika avionima, bespilotnim letelicama, artiljerijom i raketama ili će ih postavljati diverzantsko-izviđačke grupe.

Sem iznetog ove jedinice obavljaju još i sledeće zadatke: radarsko, optoelektronsko, aerofoto i agenturno izviđanje sa zemlje i iz vazdušnog prostora;⁴⁷ sprovođenje kontra-obaveštajnih mera; dekriptiranje šifrovanih informacija koje su prikupljene izviđanjem; ispitivanje ratnih zarobljenika; izučavanje i analiza zaplenjene borbene tehnike i dokumentacije, te obrada i analiza svih prikupljenih podataka. Osnovni ciljevi koje nastoje da realizuju jedinice za PEB u KoV-u, u borbenim dejstvima (zajedno sa drugim jedinicama), nezavisno da li su napadna ili odbrambena dejstva, su:

- a) onemogućiti neprijatelju efikasno korišćenje artiljerijsko-raketnih sistema PVO i za podršku KoV;
- b) onemogućiti neprijatelju pozivanje i navođenje avijacije za podršku KoV, odnosno instrumentalno bombardovanje, i
- c) onemogućiti neprijatelju neprekidno i efikasno rukovođenje i komandovanje jedinicama u napadu, odnosno odbrani i organizaciju sadejstva.

Navedenim ciljevima prethodi protivelektronska zaštita (PEZ) sopstvenih snaga koja se u svim situacijama može smatrati prioritetnim ciljem.

U ratnom vazduhoplovstvu (RV) postoje namenske jedinice za PEB. Namenjene su za izviđanje, ometanje i obmanjivanje sredstava i sistema veze; ra-

⁴⁶ Ilustracija u prilogu br. 3.

⁴⁷ Posebno sve veću primenu imaju bespilotne letelice.

darskih; raketnih (navigacionih) i optoelektronskih sredstava i sistema, te za protivelektronska borbena dejstva (PEBD – protivradarske vođene rakete i dr.). Težišni zadatak je neutralisanje sistema PVO protivnika. Organizovane su u eskadrile (skvadron-NATO) i pukove (vingore-NATO). Nalaze se u sastavu vazduhoplovnih armija. Osim vazduhoplova čija je isključiva namena EI, PED i PEBD, ostali vazduhoplovi mogu nositi sredstva za EI i PED radi vlastite zaštite od dejstva vođenih raketa ili upozorenja da su u zoni zračenja radara. Ova sredstva reaguju automatski izbacivanjem adekvatnih mamaca. Osnovni načini vodenja PEB u RV su: dejstva iz zone (zona se nalazi izvan domaćaja sredstava za PVO) i iz borbenog rasporeda (u sastavu udarne grupe nalazi se potreban broj aviona za PEB).

U ratnoj mornarici (RM) savremenih armija postoje posebni plovni objekti, zemaljska sredstva i vazduhoplovi za PEB. Na pomorskim vojištima PEB se može voditi sa mora, kopna, iz vazdušnog prostora i kosmosa i u vodi. U RM postoje, takođe, posebne jedinice (grupe) za PEB. Osim toga, u sastavu plovnih objekata postoje sredstva za PEB radi vlastite zaštite od vođenih ubojnih sredstava. Sredstva za PEB, namenjena za zaštitu brodova, spregnuta su sa osmatračkim sistemima i sistemom oružja, a reaguju automatski, vrlo brzo (slično kao i kod aviona).

U RM jedinice za PEB rešavaju u osnovi dva zadatka: obezbeđuju zaštitu dovodenja brodskih sastava u rejone borbenih dejstava i štite brodove od izviđanja i dejstava vođenih ubojnih sredstava.

U vodi PEB izvode podmornice i plovni objekti, koji izvršavaju i druge zadatke.

Značaj PEB u ova dva vida je izuzetan, jer su njihova dejstva bez korišćenja dela elektromagnetskog spektra nemoguća.⁴⁸

⁴⁸ Naglašeno je već da su svi podaci o snagama za PEB samo verovatni i promenljivi, ali je nemoguće baviti se njihovom procenom, ako bar elementarni podaci o njima nisu poznati.

3. PROCENA MOGUĆNOSTI SNAGA ZA ELEKTRONSKO IZVIĐANJE, PROTIVELEKTRONSKA I PROTIVELEKTRONSKA BORBENA DEJSTVA NEPRIJATELJA U ODNOSU NA SISTEM VEZA OS

Do sada se procena mogućnosti snaga za EI, PED i PEBD neprijatelja, obično obavlja na osnovu sledeća dva kriterijuma (pokazatelja):

a) koliko frekvencija (mreža i pravaca vrste veze) može neprijatelj izviđati i ometati u odnosu na ukupan broj (ili deo) naših organizovanih radio- i radio-relejnih veza. Ova procena obavlja se obično u odnosu na mogućnosti neprijatelja da izviđa i ometa, po kriterijumu da jedan ometač može da ometa jednu radio-vezu stalno, a do tri povremeno i sl. u odnosu na celo ratište, ili po vojištima, odnosno zonama, rejonima i pravcima. Rede je vršeno u odnosu na angažovanje snaga na težištu borbenih dejstava. Na ovaj način dobijao se jedan relativan „odnos snaga“, a neprijateljeve mogućnosti su izražavane u procentima;

b) koliku dubinu izviđanja i ometanja⁴⁹ mogu da ostvare neprijateljeve snage za EI i PED obično je bio drugi pokazatelj za procenu neprijateljevih mogućnosti na određenom pravcu, rejonu, zoni, vojištu ili ratištu, a služio je kao dopuna prethodnom. Da bi se ova procena obavila, neophodno je izračunati daljine izviđanja i ometanja (ili koristiti pripremljene dijagrame i sl.) ili proceniti daljine u odnosu na poznata mesta snaga za EI i PED neprijatelja (koja su prethodno otkrivena) ili kada su nepoznata, pa se procenjuju verovatna mesta razmeštaja. Sem toga, za ovu procenu neophodno je poznavati i koeficijente ometanja za različite vrste veza i saobraćaja, odnosno vrste rada i modulacije. Očekivani (proračunat) odnos snaga korisnog i ometajućeg signala na ulazu u prijemnik može se izražavati brojem (koliko puta veći ili manji), procentom, ili ako se može u dB (Np), odnosno u mV (μ V). Ovaj pokazatelj je, po uvidu u praksu, nedovoljno ili nedovoljno egzaktno korišćen.

Zaključak o mogućnostima neprijatelja u opisnom obliku zasniva se na osnovu navedenih pokazatelja i na osnovu poznavanja taktičko-tehničkih podataka o sopstvenim organizovanim vezama. Zatim su predlagane mere PEZ koje treba primeniti da bi se efekat za EI i PED, a pre svega snaga za EOM, umanjio. Ovaj način procene efekata snaga za EI i PED neprijatelja uopštava i procenu PEBD i ne daje „prave“ podatke, na osnovu kojih bi se moglo zaključiti koliko će sistem veza biti narušen i šta treba uraditi da bi postigao zadovoljavajuću efikasnost. Zato je neophodno tražiti što bolje pokazatelje

⁴⁹ Uz primenu postojećih obrazaca.

(kriterijume efikasnosti) na osnovu kojih bi dobili što realnije zaključke o mogućnostima snaga za EI, PED i PEBD neprijatelja, tj. koliko on zaista može da naruši rad sistema veza i time utiče na smanjenje neprekidnosti, sigurnosti, efikasnosti i operativnosti RiK-a u borbi.⁵⁰ Napominjemo da je načelan metod procene borbene situacije,⁵¹ pa i neprijateljevih snaga za EI, PED i PEBD, dat u opštim i borbenim pravilima i uputstvima, te priručnicima,⁵² pa se zato ovde ovaj klasičan način procene neće obrađivati.

U daljem ćemo pokušati da ukažemo na neke nove momente u proceni mogućnosti snaga za EI, PED i PEBD neprijatelja, koji pružaju mogućnosti da procena bude egzaktnija, a samim tim i realnija, kako bi na osnovu dobijenih zaključaka usledile i adekvatnije mere PEZ veza.

Da bi se postigla svestranost, objektivnost, konkretnost, pouzdanost i brzina u proceni,⁵³ neophodno je koristiti odgovarajuće kvantitativne (matematičke) metode.⁵⁴

Osnovno i zajedničko za sve jedinice za EI, PED i PEBD potencijalnih neprijatelja je da su one opremljene i sposobljene da mogu uspešno obavljati svoje zadatke skoro neprekidno u svim borbenim, prostornim i meteorološkim uslovima, kao i da prate brze promene u frekventnom spektru. Njihove tehničke mogućnosti (po pravilu visoko automatizovani sistemi) podležu snažnim uticajima prostora (povoljnog posednutih položaja, prepreke i sastav tla na pravcu prostiranja elektromagnetskih talasa i drugo), vremenskim ograničenjima (pripreme za rad, brzine premeštanja i drugo), meteorološkim pojavama i posebno našim protivelektronskim borbenim dejstvima i preduzetim merama protivelektronske zaštite. Zbog toga se njihove borbene mogućnosti u borbi menjaju od mesta do mesta, od momenta do momenta. Pored toga, borbene mogućnosti se ispoljavaju kroz prostorne i vremenske mogućnosti i efikasnost u izvršavanju borbenih zadataka. Ove mogućnosti se mogu uspešno izračunavati i analizirati kvantitativnim metodama i iskazivati numeričkim veličinama. Promene prostornih i vremenskih mogućnosti i efikasnosti u izvršavanju borbenih

⁵⁰ Ometanjem se veza može potpuno prekinuti ili samo narušiti kvalitet prenosa ili smanjiti propusnu moć.

⁵¹ Procena borbene situacije je misaoni proces kojim se svestrano, temeljno i celovito proučavaju, analiziraju i ocenjuju činioci i uslovi koji bitno utiču na izvršenje konkretnog borbenog zadatka. Procena treba da se odlikuje svestranim razumevanjem i objektivnim tumačenjem pokazatelja konkretnih borbenih mogućnosti i efikasnosti naših i neprijateljevih snaga u zavisnosti od uticaja operativno-taktičke situacije, prostora i vremena.

⁵² Koja su korišćena u praksi.

⁵³ Nabrojana su neka od obeležja valjane procene.

⁵⁴ Već je napomenuto da su korišćeni pojedinačni obrasci za izračunavanje daljine izviđanja i ometanja, ali nisu korišćeni matematički modeli koje omogućava teorija masovnog opsluživanja i drugi delovi teorije verovatnoće. Međutim, potrebno je istaći da je metoda, koju obrađuje ova knjiga, posle njenog prvog izdanja počela da nalazi svoje mesto u nastavnoj praksi ali i u teorijskim radovima vojnih starešina.

zadataka mogu se analizirati preko: daljine, verovatnoće i srednjeg broja naših izviđanih radio-veza, odnosno daljine, verovatnoće i srednjeg broja ometanih radio-veza, očekivanog broja uništenih elemenata sistema veza u borbi i drugih mogućih pokazatelja i kriterijuma.

Da bi se neprijatelj mogao proceniti, neophodno je raspolagati elementarnim podacima o broju i sastavu jedinica (organizaciono-formacijska struktura, taktičko-tehničke mogućnosti sredstava, način izvršavanja zadataka, obučenost ljudstva i drugo), o borbenom rasporedu tih jedinica i drugim mogućim podacima. Međutim, nas u ovom trenutku interesuje samo tehnologija procene.

Matematičke metode, odnosno metode operacionih istraživanja se primenjuju da bi se pokazatelji borbenih mogućnosti i kriterijumi efikasnosti iskazali kao veličine koje se mogu meriti, upoređivati i analizirati. Proces i ovako interpretirani sadržaji procene treba da omoguće praćenje promena ovih veličina u skladu s promenama faktora oružane borbe, koji se koriste kao argumentacija u zaključivanju. Takav postupak, prepostavljamo, omogućava konkretizaciju procene, operacionalizaciju sadržaja neprijateljevog elektronskog izviđanja, protiv-elektronskih dejstava i borbenih dejstava, odnosno naše protivelektronske zaštite s uzimanjem u obzir više uticajnih faktora i objektivnost u zaključivanju.

1) Procena mogućnosti neprijateljevih jedinica za elektronsko (radio-) izviđanje

Procena će se obraditi na osnovu sledećih pokazatelja: procene daljine izviđanja,⁵⁵ verovatnoće izviđanja i srednjeg broja izviđanih radio-veza kao kriterijuma efikasnosti neprijateljevog radio-izviđanja.

(1) Procena daljine izviđanja

Daljina izviđanja, na kojoj se može uspešno otkriti i pratiti rad radio-veze (predajnika), je značajan parametar koji treba proceniti. Faktori od kojih zavisi daljina izviđanja su već navedeni. Međutim, nije istaknuto da prema načinu na koji elektromagnetni talasi (prostirući se brzinom svetlosti) mogu stići od radio-predajnika do radio-prijemnika razlikujemo površinske, direktnе i prostorne talase.⁵⁶ Svi oni su na putu od mesta predaje do prijema podvrgnuti gušenju – slabljenju, što ima bitnog odraza na daljinu njihovog otkrivanja i prijema.

⁵⁵ S obzirom da će se ovde izneti poznate metode za planiranje radio-veza, aplicirane na procenu daljine izviđanja, objašnjenje će biti maksimalno sažeto. Izneta teorija i obrasci mogu se naći u velikom broju literature, domaćih i stranih autora. U spisku literature ovu oblast obuhvata literatura na rednom broju 13 i 21.

⁵⁶ Osnovna podela je na prostorne i površinske. U literaturi br. 13, postoje: površinski, reflektovani, direktni i prostorni talasi. Neki autori u četvrtu grupu svrstavaju radio-talase sa troposferskim i ionosferskim rasipanjem.

Izračunavanje daljine na kojoj se mogu otkriti i uspešno pratiti radio-veze je veoma složeno, pa bi procena bila duga i neracionalna. Zato se ovde iznose, bez detaljnih teorijskih objašnjenja, najjednostavniji aproksimativni načini koji daju rezultate u granicama zadovoljavajuće tačnosti.

a) Tako se daljina rasprostiranja *površinskog talasa* može proceniti na osnovu dijagrama (krivih) koje publikuje Međunarodni konsultativni komitet za radio (CCIR). Dijagrami su rađeni za snagu zračenja (P . G) 1 kW, za različite električne karakteristike sredine, i za frekvencije od 10 kHz do 30 MHz. Na apscisi u logaritamskoj razmeri dato je rastojanje u kilometrima, a na ordinati jačina električnog polja (s leve strane u dB, a sa desne u $\mu\text{V}/\text{m}$).⁵⁷ Za određivanje daljine izviđanja neophodno je poznavati: karakteristike terena na kome se održavaju radio-veze, radne frekvencije i osetljivost izviđačkog prijemnika (minimalna jačina električnog polja iznad nivoa šuma za uspešan prijem emisije).

Primer:

Za prijem signala potrebna je jačina polja od 10 dB, radna frekvencija je 7,5 MHz, snaga zračenja 1 kW, a zemljište je vlažno (ilovača, malo pošumljeno, ravnica). Proceniti daljinu izviđanja?

Rešenje:

Na dijagramu za dato zemljište⁵⁸ od vrednosti 10 dB na ordinati povučemo horizontalnu liniju do preseka sa krivom linijom koja je označena sa 7,5 MHz, pa zatim iz presečene tačke spustimo normalu na apscisu i očitamo daljinu izviđanja. Za navedene uslove ona iznosi 85 km.

U slučaju da se snaga zračenja izviđanog radio-predajnika razlikuje (veća ili manja) od 1 kW, potrebno je koristiti sledeći obrazac.⁵⁹

$$E_s = E_{1kW} \cdot \sqrt{P_s} \quad (1)$$

gde je:

E_s – potrebna jačina električnog polja na mestu prijema, [$\mu\text{V}/\text{m}$];

E_{1kW} – jačina električnog polja na mestu prijema, koju dobijamo iz dijagrama CCIR za predajnik snage 1 kW, [$\mu\text{V}/\text{m}$];

P_s – snaga predajnika, [kW].

Postupak pretvaranja ($\mu\text{V}/\text{m}$) u (dB) obavlja se po formuli:

$$E_s [\text{dB}] = 20 \log E_s \left[\frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right] \quad (2)$$

Kada se odredi E_s , postupak je isti kao u navedenom primeru, tj. vrednost E_s se nalazi na ordinati. Zatim se traži prosek sa krivom određene frekvencije, a potom iz preseka normalom na apscisu gde se očitava daljina izviđanja.

⁵⁷ Vidi prilog br. 5.

⁵⁸ Vidi prilog br. 5/2.

⁵⁹ Literatura 13.

b) *Direktni talasi* prostiru se po liniji optičke vidljivosti, a to je sve izrazitije što je radna frekvencija veća od 30 MHz. Takav način rasprostiranja talasa svodi otkrivanje rada radio-veza na daljini optičke vidljivosti. Međutim, direktni talasi zbog nehomogenosti troposfere povijaju se ka zemlji (pojava refrakcije), a na ivicama prepreke na koje nailaze stvaraju sekundarni izvor zračenja (pojava difrakcije) pa je daljina izviđanja veća od optičke vidljivosti, tj. ona se svodi na takozvanu radio-vidljivost. Računa se prema obrascu:⁶⁰

$$D_i = 4,12 \left(\sqrt{H_s} + \sqrt{H_i} \right) \quad (3)$$

gde je:

D_i – daljina izviđanja, [km];

H_s – visina predajne antene radio-veze koja se izviđa, [m];

H_i – visina prijemne antene izviđačkog uređaja, [m].

Sem iznetog postoje i druge mogućnosti izračunavanja daljine radio-izviđanja direktnih talasa.⁶¹

c) Na *jonosferski (prostorni) talas* presudnu ulogu ima stanje u jonsferi. Smatra se da je najlakše otkriti radio-veze koje koriste jonsferske talase i da daljine izviđanja mogu biti vrlo velike.⁶² Danas postoje razni načini proračuna (prognoze) koji služe za planiranje radio-veza koje se održavaju jonsferskim talasima. Istim metodama možemo se poslužiti u proceni mogućnosti izviđanja ovih radio-veza.

Ilustracije radi daje se jedan od mogućih proračuna prostornih radio-veza pomoću računara.⁶³

⁶⁰ Prethodno mora biti zadovoljen uslov da između predajne antene radio-veze koja se izviđa i prijemne antene izviđačkog uređaja ne postoje značajnije fizičke prepreke. Obrazac je poznat u teoriji, literatura 21 i 27.

⁶¹ Prema literaturi 21, maksimalna daljina radio-izviđanja UVF (UKT) opseg (u km) je u granicama direktne vidljivosti i data je izrazom:

$$D_{imax} \approx \frac{1}{4\pi} \sqrt{\frac{P_s \cdot G_s \cdot G_i \cdot \gamma}{K_i \cdot P_{imin}}}$$

gde je:

P_s – snaga predajnika (W);

G_s – koeficijent pojačanja antene predajnika;

G_i – koeficijent pojačanja antene izviđačkog prijemnika;

γ – koeficijent koji obuhvata razliku polarizacije između antene izviđačkog prijemnika i predajnika koji se izviđa (kada su iste $\gamma = 1$);

K_i – koeficijent koji pokazuje koliko je potrebno da je veći signal od šuma za normalan rad izviđačkog prijemnika;

P_{imin} – minimalna snaga za normalan rad izviđačkog prijemnika.

⁶² U literaturi 21, stoji: „Praktično, može se smatrati da je elektronsko izviđanje elektronskih sredstava koja rade u kratkotalasnom području (VF opseg), moguće na svim rastojanjima zemljine kugle“.

⁶³ U prilogu br. 6 dat je primer proračuna u celini.

Ulazni podaci su:

- tačka refleksije 44,00 S/18,00 I (geografska širina i dužina)
- širina opsega (Hz) 1
- faktor lokacije 4 (poljski uslovi)
- odnos zaštite (dB) 53 (potreban odnos S/N za uspešan prijem)
- procenat dana 50 (u kome se očekuje uspešna veza)
- dan 15
- mesec 7
- broj pega 75 (srednja sunčeva aktivnost)
- snaga (W) 400 (snaga predajnika)
- daljina (km) 200 (na kojoj se želi održati veza, a u našem slučaju to je daljina sa koje izviđa neprijatelj)
- vreme (časovi) 4 (primer za noć)

Izlazni podaci za 4 časa noću su (MUF – maks. upotrebljive frekvencije):

- MUF E sloja 1,50
- MUF F sloja 5,61

Frekv. (MHz)	Verovat. odbijanja	Ugao E	Polje E	Ugao F	Polje F	Verovat. održav. veze (izv.)
2	99,0			62,4	47,4	96,6
3	99,0			70,0	44,8	96,3
4	97,5			71,3	44,5	94,9
5	80,3			75,5	42,4	77,7

Napomena: jačina polja je data u dB u odnosu na $1 \mu\text{V/m}$.

Izlazni podaci za 12 časova danju su:

- MUF E sloja 3,60
- MUF F sloja 7,49

2	99,0	42,3	13,2			39,9
3	99,0	43,7	22,2			80,9
4	99,0	46,8	26,3			92,7
5	99,0			67,4	30,7	98,1
6	90,9			73,4	34,3	90,6
7	73,5			73,9	35,3	73,4

Iz iznetog se može zaključiti da se ovaj program može uspešno koristiti za procenu mogućnosti izviđanja naših prostornih veza jer dobijamo verovatnoću sa kojom se ove veze mogu izviđati na određenoj daljini.

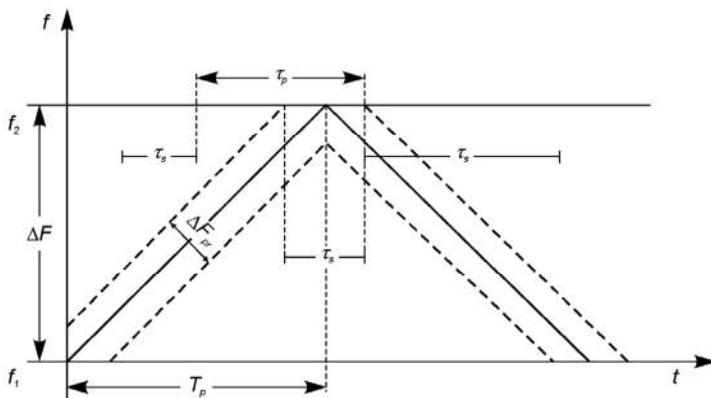
(2) Procena verovatnoće izviđanja

Naredno značajno pitanje procene je da se ustanovi sa kojom će verovatnoćom neprijatelj izviđati (otkrivati) naše radio-veze. Radio-veze se najčešće ne

održavaju permanentno, već u nekim vremenskim (planiranim ili unapred zakananim) intervalima. Zato će verovatnoća izviđanja, pre svega, zavisiti od intenziteta našeg radio-saobraćaja.⁶⁴

Proračun verovatnoće izviđanja moguće je na više načina. Ovde će se ilustrovati dva.⁶⁵

Prvi pristup odnosi se na klasičan način rada radio-izviđača kome je dodelen određeni frekvencijski opseg za pretraživanje (ΔF). Ilustracije na sl. 1.



Slika 1.

Verovatnoća izviđanja – p_i (otkrivanja) može se izračunati pomoću sledeće formule:

$$P_i = P_{i,k} = I - \left[\frac{\tau_p}{\tau_p + \tau_s} \right]^{ik} \cdot e^{-ik \frac{y}{\tau_p}} \quad (4)$$

gde je:

$P_{i,k}$ – verovatnoća izviđanja rada jedne radio-veze (mreže ili pravca) sa „i“ prijemnika i „k“ puta pretraženim opsegom;

i – broj prijemnika;

k – broj pretraživanja;

τ_s – matematičko očekivanje dužine signala;

τ_p – matematičko očekivanje dužine pauze;

Parametar y je složen, zavisi od frekventnih karakteristika radio-signala i osobina izviđačkog prijemnika i dat je izrazom:

⁶⁴ Radio-relejne veze održavaju se na drugačiji način od radio-veza, pa kod njih nije moguće meriti saobraćajno opterećenje na opisan način.

⁶⁵ Empirijski obrazac za izračunavanje verovatnoće izviđanja rada radio-veze preuzet je iz interne strane literature i nigde nije zvanično objavljen. Drugi način je pokušaj da uz primenu teorije masovnog opsluživanja rešimo procenu ovog značajnog pitanja.

$$y = \frac{\Delta F_s + \Delta F_{pr}}{\Delta F / T_p};$$

gde je:

ΔF_s – širina spektra signala;

ΔF_{pr} – propusni opseg prijemnika;

ΔF – širina opsega pretraživanja;

T_p – vreme pretraživanja (vreme za koje prislушкиvač ili sam prijemnik pređe jednom opseg ΔF);

$\Delta F/T_p$ – brzina pretraživanja (savremeni prijemnici automatski pretražuju 8 MHz za 1 s, pa i više).

Proračuni verovatnoće izviđanja za određene vrednosti: i , k , τ_p , τ_p i y pokazuju da verovatnoća izviđanja raste sa povećanjem intenziteta saobraćaja (duže trajanje τ_s , a kraće τ_p), broja prijemnika, broja pretraživanja i parametra y . Da bi protivnik povećao verovatnoću izviđanja on to može rešavati povećanjem broja prijemnika, brojem pretraživanja i parametrom y , ako se smanji ΔF (manji opseg pretraživanja) i poveća brzina pretraživanja, tj. smanji T_p .

Drugi mogući način za izračunavanje verovatnoće izviđanja (p_i) je uz primenu teorije masovnog opsluživanja.⁶⁶ Ilustracija na sl. 2.

Prislušni elementi neprijatelja (stanice i centri) mogu se posmatrati kao sistem masovnog opsluživanja sa otkazom, koga karakterišu sledeći parametri:

i – broj kanala opsluživanja (broj izviđačkih prijemnika);

t_s – srednje vreme trajanja signala (dužina rada radio-veze);

t_p – srednje vreme između dva signala (dva rada radio-veze);

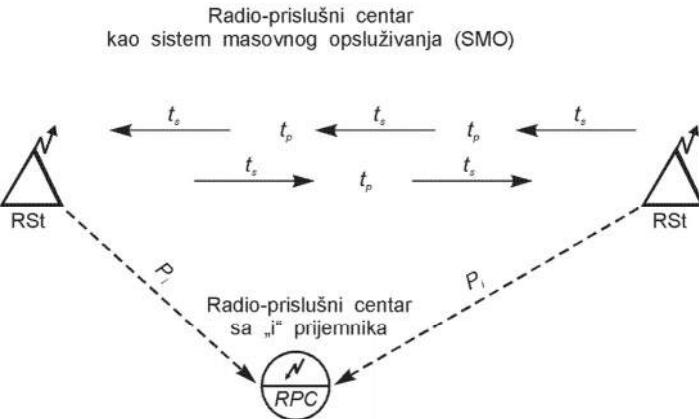
ρ – intenzitet saobraćaja veze⁶⁷ (mera prisutnosti radio-veze u eteru),

gde je:

$$\rho = \frac{t_p}{t_s}.$$

⁶⁶ Osnove teorije masovnog opsluživanja biće detaljnije obrazložene u narednom poglavlju. Ovde je učinjen pokušaj da se pokaže njena upotrebljiva vrednost u izračunavanju verovatnoće izviđanja.

⁶⁷ Pri proceni *daljine* izviđanja i ometanja, obrađene su i usmerene veze, odnosno radio-relejne veze. Međutim, postavlja se pitanje da li je procena *verovatnoće* izviđanja i ometanja (pomoću teorije masovnog opsluživanja) primenjiva i na radio-relejne veze, a i druge usmerene veze (troposferske i satelitske). Poznato je da ove veze dok su u radu, stalno zrače talas nosilac, a kod digitalnog prenosa sa vremenskom raspodelom kanala i šifrovanjem na liniji ne uočava se ni vreme prenosa informacija. Zato je ovde pojam saobraćajnog opterećenja ρ nemoguće tretirati na klasičan način, pa je nužna aproksimacija, vidi prilog br. 7. Radio-relejne veze u borbi, posebno na taktičkom i operativnom nivou, neće, ne mogu ali i ne moraju da rade permanentno, a snopovi zračenja su usmereni, pa ih je nužno „tražiti u eteru“. Zato se izviđanje i ometanje može obavljati samo iz povoljnih položaja.



Slika 2.

Verovatnoća stanja sistema određuje se formulom Erlanga:

$$p_n = \frac{\rho^i}{\sum_{k=0}^i \frac{\rho^k}{k!}} \quad (5)$$

gde je:

p_n – verovatnoća da radio-veza neće biti izviđana (otkrivena);

i – broj prijemnika sa kojima se izviđa;

$k = 0, 1, 2, 3, \dots, i$ (broj aktivnih prijemnika).

Sledi:

$$\boxed{p_i = 1 - p_n} \quad (6)$$

gde je:

p_i = verovatnoća da će radio-veza biti izviđana (otkrivena).

U prilogu br. 8 izračunata je i u vidu tabele prikazana verovatnoća izviđanja (p_i) za različiti intenzitet saobraćaja ($\rho = 0,1 \div 10$) i broj izviđačkih prijemnika ($i = 1 \div 22$).

Rezultati pokazuju da je verovatnoća izviđanja za određeni broj prijemnika (i) veća ukoliko je intenzitet saobraćaja veći, a to je u slučaju kada je ρ što manje (kada su pauze kratke, a dužina rada radio-veze je velika).

Da bi se oba dva načina izračunavanja verovatnoće izviđanja moglo upoređivati, uvedena je aproksimacija da je $\frac{\tau_p}{\tau_s} \approx \rho$, te je sada moguće upoređenje za iste vrednosti i i ρ i konstantno k i y .

Radi upoređenja, dobijeni rezultati obe metode (za iste ulazne parametre) komparirani su i uočljivo je da su rezultati bliski, te se mogu koristiti u proceni obe metode. Primena teorije masovnog opsluživanja je jednostavnija, ali empirijska formula uzima u obzir veći broj činilaca (parametara).

(3) Procena broja radio-veza koje će biti izviđane

Za procenu uspešnosti neprijateljevog radio-izviđanja može nam kao kriterijum efikasnosti poslužiti i srednji broj radio-veza koje će biti izviđane (N_i), a izračunavaće se prema sledećem obrascu (matematičkom modelu):⁶⁸

$$N_i = N \left[1 - \left(1 - e^{-\frac{i_u}{i}} P_t \cdot P_i \right)^{\frac{i}{N+L}} \right] \quad (7)$$

gde je:

N – broj radio-veza (RMr i RPr) koje treba izviđati sa i prijemnika na određenom prostoru (nalaze se u zoni izviđanja);

i – broj prijemnika sa kojima se jednovremeno izviđa;

i_u – srednji broj prijemnika koji neće moći izviđati (biće uništeni našim PEBD, ili se premještaju, itd.);

P_t – verovatnoća tehnički ispravnog funkcionisanja prijemnika (pouzdanost, a određuje se statistički);

P_i – verovatnoća izviđanja;

L – broj ostalih (radnih i lažnih) radio-veza na prostoru gde se nalazi N radio-veza, koje treba izviđati.

Na izloženom primeru može se sagledati upotrebnna vrednost navedenog modela.

Ako neprijatelj nastoji da otkrije i prati 12 RMr ($N = 12$) sa 12 prijemnika ($i = 12$), pod uslovom da su mu 2 prijemnika izbačena iz upotrebe ($i_u = 2$), pouzdanost uređaja mu je 0,95 ($P_t = 0,95$), verovatnoća izviđanja je 0,95 ($P_i = 0,95$), a broj ostalih (radnih i lažnih) radio-veza na datom prostoru je 30 ($L = 30$), onda će mu srednji broj izviđanih radio-veza biti 4 ($N_i = 4$).

Dalja analiza moguća je menjanjem pojedinih parametara. Na taj način dobiće se u proceni situacije objektivniji, pouzdaniji i svestraniji podaci o neprijateljevim mogućnostima radio-izviđanja i izvući će se konkretniji zaključci za preduzimanje adekvatnih mera zaštite.⁶⁹

⁶⁸ Izvod obrasca dat je u prilogu br. 9. Obrazac (7) može se dopuniti i sa verovatnoćom izviđanja na različitom zemljištu (P_{zm}), koja posebno dolazi do izražaja kada se borbeni dejstva izvode na brdsko-planinskom zemljištu. Njena vrednost može se dobiti statističkim putem.

⁶⁹ Nije potrebno posebno dokazivati koliko je ovakav pristup objektivniji i pouzdaniji, od načelnog pristupa da se jednom prijemnom stanicom može stalno izviđati jedna frekvencija (radio-mreža ili pravac), a povremeno 3 ili više. U ovom slučaju razmatra se samo broj prijemnika, prema broju pravaca ili mreže koje treba izviđati (prisluškivati), dok se primenom

(4) Procena mogućnosti goniometrisanja

Treba naglasiti da se analizom iznetih parametara ne iscrpljuje procena mogućnosti neprijatelja u radio-izviđanju. Oblast koja nije analizirana su neprijateljeve mogućnosti u goniometrisanju, gde je moguće proceniti dubinu, broj radio-stanica i tačnost goniometrisanja sa određenom verovatnoćom.

Procena dubine (daljine) goniometrisanja možemo načelno poistovetiti sa daljinom izviđanja, tj. $D_g \approx D_i$, međutim zavisno od korišćenog antenskog sistema za goniometrisanje, najčešće je dubina goniometrisanja (D_g) manja od daljine izviđanja ($D_g < D_i$).

Naredni parametar procene je verovatnoća goniometrisanja (p_g), koju možemo aproksimirati sledećim empirijskim izrazom:

$$p_g = p_i^g \quad (8)$$

gde je g korekcioni faktor za goniometarsku mrežu, jer se uvek neće uspeti goniometrisati sve stanice u radio-mreži. On zavisi od niza faktora, a to su opseg i vrsta rada emisije, organizacija radio-veze koja se goniometriše, kao i način goniometrisanja (manuelno ili automatsko). Do veličine ovog korekcionog faktora dolazi se statističkim putem. Orijentirno može se koristiti pri proceni za goniometarsku mrežu VF opsega da je $g=1,5$, a za VVF da je $g=2$.

U daljem postupku procene treba proceniti broj radio-stanica koje će biti goniometrisane (N_g), a može se izračunati putem izraza:

$$N_g = N_i N_s p_g \quad (9)$$

gde je:

N_i – broj radio-veza koje će biti izviđane;

N_s – srednji broj radio-stanica u vezi koja je poznata organu veze;

p_g – verovatnoća goniometrisanja.

Mogućnosti goniometrisanja treba ceniti i prema tačnosti goniometrisanja. Ovaj elemenat je verovatno najznačajniji u oceni ukupne efikasnosti goniometrisanja. U velikom broju slučajeva ovaj podatak (lokacija radio-stanice) će biti osnovni obaveštajni podatak, posebno u slučajevima kada je emisija kriptološki zaštićena, odnosno od tačnosti lokacije moći će se po tim elementima sistema veza dejstvovati različitim ubojnim sredstvima. Međutim, precizna procena

navedenog modela koriste još četiri parametra. Dva od navedenih parametara su složeni (p_t i p_i), te je za njihovo izračunavanje potrebno poznavati još određeni broj parametara (izračunavanje verovatnoće izviđanja je prezentirano). U daljem tekstu biće prezentirani primeri primene i upotrebljene vrednosti navedenog modela.

tačnosti goniometrisanja je izuzetno složena i zavisi od velikog broja faktora⁷⁰. Zato se u ovoj tehnologiji procene možemo zadovoljiti poznavanjem srednjih kvadratnih grešaka uglovnih koordinata koje na primer pri goniometrisanju na kopnu iznose od 0,1–5° ili najčešće oko 3°.

Umesto zaključka može se konstatovati da će savremene goniometarske mreže radio-stanice otkrivenih radio-mreža (pravaca) u najvećem delu i goniometrisati sa tačnošću⁷¹ do 3°. Mogućnosti goniometrisanja nisu obimnije analizirane, jer savremeni automatizovani EI sistemi mogu goniometrisati i locirati oko 200 radio-stanica za jedan čas.⁷²

2) Procena mogućnosti neprijateljevih jedinica za elektronsko ometanje sistema veza

Procena će se obraditi na osnovu sledećih pokazatelja: procene daljine ometanja, verovatnoće ometanja i srednjeg broja ometanih radio-veza kao kriterijuma efikasnosti neprijateljevog elektronskog ometanja radio- i radio-relejnih veza.

⁷⁰ Složenost radio-goniometrisanja, odnosno određivanje lokacija izvora radio-talasa, teorijski je obrađeno u literaturi 2, 13, 17, 21 i 28. Empirijski izrazi (8) i (9) nastali su na osnovu lične empirije.

⁷¹ Kada procenu efikasnosti goniometrisanja obavljaju organi i jedinice za EI i PED, onda je neophodno da se u poceni tačnosti goniometrisanja koriste bar osnovne grafičke metode.

⁷² Savremeni automatizovani radio-izviđački sistemi prenose podatke radio-vezama VF opsega brzinama od 50 do 1200 (2400) bit/s (drugim vrstama veza znatno brže), određuju azimut u vremenu od 1,5–4 s, a srednje greške izmerenog azimuta iznose do 3°. Veličina linijske greške direktno zavisi od rastojanja goniometra od predajnika i iznosi (literatura 2):

$$\Delta L = 0,0175 \cdot D_g \cdot \Delta \Theta ,$$

gde je:

ΔL – linijska greška u m;

D_g – rastojanje između goniometra i predajnika u m (koja nam je poznata) i

$\Delta \Theta$ – ugaona greška u °.

Prema tome, u proceni efikasnosti neprijateljevog goniometrisanja osnovni kriterijum bi bio procena tačnosti goniometrisanja. Najveća tačnost goniometrisanja se postiže kada je:

$$D_g = \frac{B}{2} ,$$

gde je B goniometarska osnovica. Sistemi automatskog širokopojasnog pretraživanja i goniometrisanja VVF/UVF koji rade u sinhronom režimu sa jedinstvenom vremenskom bazom, koja se dobija preko globalnog sistema za navođenje (GPS), obavljaju detekciju signala za 80 µs, a jedan goniometarski «snimak» traje manje od 10 µs. Kada mogu jednu stanicu da «snime» više puta, onda šalju upravnoj stanci srednju vrednost azimuta, čime se postiže veća tačnost. Savremeni širokopojasni goniometri otkrivaju i lociraju ciljeve, pa zatim ove podatke dostavljaju prijemnim centrima na praćenje i dalju analizu.

(1) Procena daljine ometanja

Za izračunavanje daljine ometanja radio-veza VF opsega koje se održavaju površinskim talasom (iznad zemlje i neusmerene antene) koristi se sledeća formula:⁷³

$$D_o = D_s \sqrt[4]{\frac{P_o}{P_s \cdot K_o}} \quad (10)$$

gde je:

D_o – daljina ometanja (km);

D_s – rastojanje između učesnika u vezi (km);

P_o – snaga ometača (W);

P_s – snaga predajnika u vezi (W);

K_o – koeficijent ometanja (zavisi od vrste rada i modulacije).

Za izračunavanje daljine ometanja radio-veze VVF opsega,⁷⁴ kada na rasprostiranje elektromagnetne energije utiče zemlja, koristi se prethodni obrazac, uz uslov da postoji radio-vidljivost koju možemo izračunati po obrascu (3).

Ako na prostiranje elektromagnetsnih talasa ne utiče zemlja, što je u praksi čest slučaj (veza sa avionom sa zemlje, veza između aviona, ometanje iz vazduha, ometanje veze između aviona sa zemlje i sl.), daljina ometanja izračunava se po obrascu:

⁷³ Izvod formule u prilogu br. 10. Sve formule za proračun daljine ometanja preuzete su od stranih autora i to pre svega iz službene i interne literature sa Istoka. Napominjem da se formule za izračunavanje daljine ometanja nalaze i u literaturi Zapadnih autora, a i nekih naših, te da pristupi ovim proračunima često nisu identični. Mogući pristup je i sledeći: za frekvencije ispod 30 MHz (područje VF, SF i NF) zbog različitog načina prostiranja ovih talasa ometanje će biti uspešno ako se na mestu prijema ometačem stvori električno polje koje iznosi:

$$E_o = \sqrt{K_o} \cdot E_s \left[\frac{\mu V}{m} \right]$$

Ovo je metoda gde se koriste dijagrami CCIR za iznalaženje vrednosti E_s (jačina električnog polja korisnog signala u $\mu\text{V/m}$). Literatura 13.

⁷⁴ U literaturi 13, dat je obrazac za graničnu daljinu na kojoj je još moguće ometanje iznad zemljine površine za frekvencije iznad 30 MHz.

$$D_o = D_s \sqrt[5]{\frac{P_o}{P_s \cdot K_o}}$$

Ovaj obrazac važi za neusmerene antene. U slučaju kada ometač koristi usmerenu antenu on glasi:

$$D_o = D_s \sqrt[5]{\frac{P_o \cdot G_o}{P_s \cdot K_o}}$$

Dalja razrada ovog obrasca zavisi od ostalih karakteristika (usmerenosti antena, faktora neusaglašenosti propusnog opsega, polarizacije antene i dr.).

$$D_o = D_s \sqrt{\frac{P_o}{P_s \cdot K_o}} \quad (11)$$

Za izračunavanje daljine ometanja radio-relejnih veza koristi se obrazac:

$$D_o = D_s \sqrt{\frac{P_o \cdot G_o \cdot q_o}{P_s \cdot G_s \cdot q_s \cdot K_o}} \quad (12)$$

gde je:

G_o – koeficijent pojačanja antene ometača;

G_s – koeficijent pojačanja predajne antene RR stanice;

q_o – pojačanje prijemne antene RR stanice u smeru prema ometaču;

q_s – pojačanje prijemne antene RR stanice u smeru prema predajnoj RR stanici.

Zavisno od položaja ometača, tj. da li signal ometanja ulazi u lepezu osnovnog snopa ili u zadnju, odnosno bočne lepeze (bočno u glavni snop) odnos pojačanja prijemne antene iznosi:

$$\frac{q_o}{q_s} = 1 \text{ ili } \frac{q_o}{q_s} \ll 1 \left(\frac{1}{10} \div \frac{1}{100} \right) \quad (12/1)$$

Kod ometanja RR veza potrebno je takođe ostvariti radio-vidljivost. Već smo istakli složenost i specifičnost izviđanja (gde je određivanje lokacije RRSt, odnosno njihovo goniometrisanje, takođe, specifično) i ometanja RRv, te se zbog toga, sredstva za izviđanje i ometanje RRv često montiraju na letelice (avione i helikoptere). Tako su ustrojene i specijalne helikopterske jedinice za ove zadatke. Razmeru zone i maršrute letova helikoptera treba organizovati u obliku ravnostranog trougla, čije su stranice dužine 15 km. Osnova je okrenuta prema protivniku, a ona je udaljena 15–25 km od linije fronta (prema internoj literaturi sa Istoka). Optimalne visine leta helikoptera treba odrediti polazeći od potrebne dubine ometanja. Da bi se smanjila verovatnoća uništenja od neprijateljevog sistema PVO, treba težiti da letovi budu na što je moguće manjoj visini. U taktičkim jedinicama, čije RRv rade u opsegu od 60 do 600 MHz, visina leta helikoptera – ometača može se odrediti prema sledećoj empirijskoj formuli:

$$H_o = 6 \cdot D_o \cdot \lambda \quad (12/2)$$

gde je:

H_o – visina leta helikoptera – ometača u (m);

D_o – duljina ometanja, koja nam je potrebna u (km);

λ – talasna dužina RRSt, koju treba ometati (m).

Maksimalan domet ometanja RRv taktičkih jedinica iz helikoptera iznosi $D_{omax} = 0,7 D_s^2$, kada se ometa prema osnovnom snopu, a $D_{omax} = 0,3 D_s^2$, kada

se ometa prema bočnoj ili zadnjoj lepezi zračenja (poznato je da je D_s rastojanje učesnika u vezi). Navedeni izrazi su, takođe, empirijski dobijeni.

U cilju što bržeg određivanja daljine ometanja mogu se unapred pripremiti tabele ili dijagrami (primer jednog dijagrama dat je u prilogu br. 11). Za brzo i približno određivanje daljine ometanja površinskim talasima Rv VF i VVF opseg, sa $K_o \leq 2$, može da posluži sledeća relacija: $D_o \approx 2 \div 3 D_s$.

Izračunavanje daljine ometanja prostornim talasima moguće je na isti način kao za izračunavanje daljine izviđanja (prema prilogu br. 6).

(2) Procena verovatnoće ometanja

Adekvatno radio-prislušnom centru i ometačke jedinice (centre, grupe i stanice) možemo posmatrati kao sistem masovnog opsluživanja sa otkazom. Ilustracija na slici 3.

Verovatnoća stanja sistema određuje se, takođe, formulom Erlanga, ali sa unetim dodatnim parametrom verovatnoće izviđanja (P_i).⁷⁵

$$P_n = \frac{\frac{\rho^m}{m!} \cdot \frac{1}{P_i^m}}{\sum_{k=0}^m \frac{\rho^k}{k!} \cdot \frac{1}{P_i^k}} \quad (13)$$

gde je:

P_n – verovatnoća da radio-veza neće biti ometana;

m – broj ometača;

$k = 0, 1, 2 \dots m$ (broj aktivnih ometača);

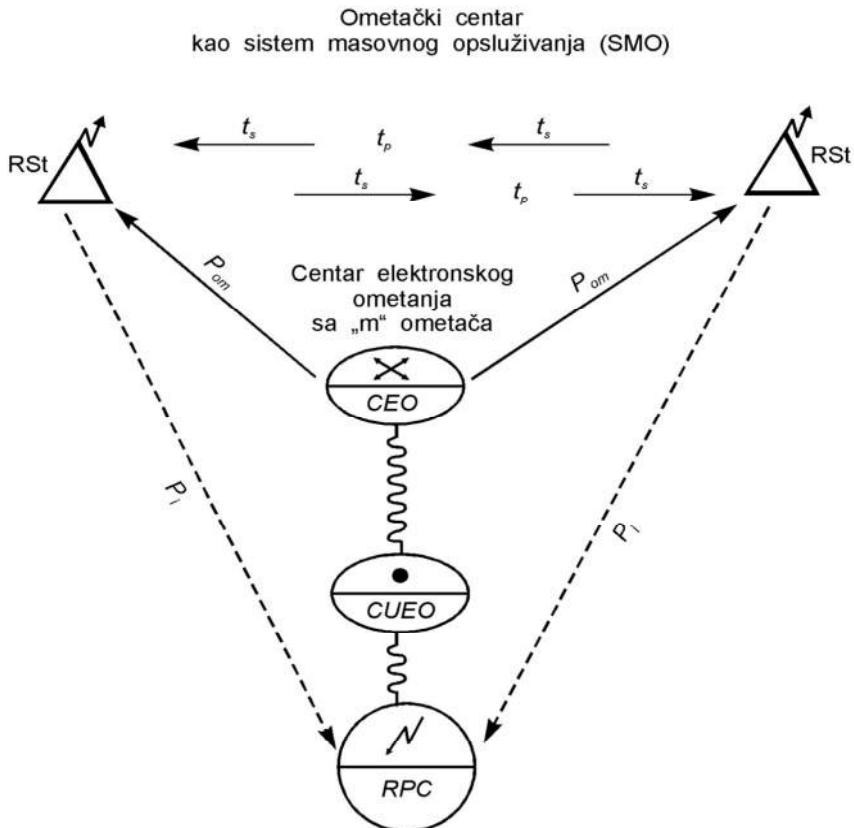
ρ – intenzitet saobraćaja veze (za usmerene veze važe ranije napomene), ($\rho = t_p/t_s$);

t_p – srednje vreme između dva rada radio-veze (pauze);

t_s – srednje vreme dužine rada radio-veze;

P_i – verovatnoća izviđanja (otkrivanja) radio-veze.

⁷⁵ Već je rečeno da će detaljnije obrazloženje teorije masovnog opsluživanja biti naknadno izloženo. Ovde ćemo je upotrebiti za izračunavanje verovatnoće ometanja. Oznaka za broj ometača očitava se pod (n), u prilogu broj 13, jer je to broj radnih mesta koji „opslužuju“, tj. ometaju.



Slika 3.

Sledi:

$$P_{om} = 1 - P_n \quad (14)$$

gde je P_{om} – verovatnoća da će radio-veza biti ometena.

U prilogu br. 13,⁷⁶ izračunata je i u vidu tabela prikazana verovatnoća ometanja (P_{om}) za različite verovatnoće otkrivanja ($P_i = 0,1 \div 1$), brojeve ometača (m), koji se očitavaju pod ($n = 1 \div 24$) i intenzitete saobraćaja ($\rho = 0,1 \div 15$).

Verovatnoća ometanja zavisi od broja ometača ($m = n$), od verovatnoće izviđanja (P_i) i intenziteta saobraćaja (ρ). S obzirom da su osnovni parametri, na osnovu kojih se razmatra verovatnoća ometanja, vremenske kategorije može se

⁷⁶ Ovaj prilog koristiće se i za izračunavanje verovatnoće opsluživanja sistema veza.

zaključiti da je i verovatnoća ometanja u ovom slučaju vremenska kategorija, a to znači ako je na primer $P_{om} = 0,6$ onda će se radio-veze verovatno ometati u 60% vremena. Ovaj zaključak značajan je zbog procene o mogućem stepenu narušavanja radio-veza.

Verovatnoća ometanja potrošnim ometačima (p_{po}) može se izračunati prema sledećoj empirijskoj formuli:⁷⁷

$$p_{po} = 1 - \frac{1}{n_{po} \sqrt{p_{pom} \cdot \Delta F_o}} \quad (15)$$

gde je:

n_{po} – srednji broj potrošnih ometača na određenoj prostoriji (1 km²);

p_{pom} – snaga potrošnog ometača (zavisi od širine opsega koji ometa u W) i

ΔF_o – opseg ometanja (u kHz).

(3) Procena broja radio-veza koje će biti ometane

Analogno izračunavanju srednjeg broja radio-veza koje se mogu izviđati, može se izračunati i srednji broj radio-veza koje će biti ometane, s napomenom da je ovde moguće dodati još nekoliko parametara koji značajno utiču na rezultate ometanja. Srednji broj radio-veza koje će biti ometane kao kriterijum efikasnosti neprijateljevog elektronskog ometanja, izračunava se prema sledećem matematičkom modelu:

$$N_o = N \left[1 - \left(I - e^{-\frac{m_u}{m} \cdot P_t \cdot P_{zm} \cdot P_i \cdot \frac{I}{K_o}} \right)^{\frac{m}{N+L}} \right] \quad (16)$$

gde je:

N – broj radio-veza (RMr i RPr) koje treba ometati sa m – ometača (nalaze se u zoni ometanja);

m – broj ometača sa kojima se jednovremeno ometa;

m_u – srednji broj ometača koji neće moći ometati (biće uništeni našim PEBD ili se premeštaju itd.);

P_t – verovatnoća tehnički ispravnog funkcionisanja ometača (pouzdanost);

P_{zm} – verovatnoća ometanja na različitom zemljištu (uticaj radio-maskiranja određuje se statistički);

P_i – verovatnoća izviđanja (otkrivanja) rada radio-veze;

⁷⁷ Formula je izvedena iz internih materijala, a proračuni pokazuju da verovatnoća ometanja raste sa povećanjem broja potrošnih ometača, snagom i opsegom ometanja. Ovo je potpuno empirijski pokušaj da se ova verovatnoća vrednuje.

K_o – koeficijent ometanja;

L – broj ostalih (radnih i lažnih) radio-veza na prostoru gde se nalazi

N – radio-veza, koje treba ometati.

Ako analiziramo ovaj model možemo postaviti pitanje zašto umesto verovatnoće izviđanja nije uzeta verovatnoća ometanja, a koja u sebi već sadrži i verovatnoću izviđanja. Veliki broj proračuna pokazuje da će u tom slučaju i ako se uzme da je koeficijent ometanja veći od jedan ($K_o > 1$), što zahtevaju savremene digitalne veze, srednji broj ometanih veza biti vrlo mali. Međutim, poznato je da savremeni omotači mogu programirano ometati desetak i više frekvencija i da jednu bežičnu vezu nije potrebno permanentno ometati, jer je dovoljno da se spreči prenos dela informacija što će iziskivati ponavljanje dela ili celokupne informacije, a sve to može da utiče na pravovremenost prenosa informacija, a što je cilj ometanja. Kada je protivnik na nižem tehničko-tehnološkom nivou, umesto verovatnoće izviđanja može se koristiti verovatnoća ometanja.

U prilogu br. 14, analiziran je uticaj dva parametra na srednji broj ometanih veza: broj omotača (m) i koeficijenta ometanja (K_o). Uticaj broja omotača koji ne mogu ometati (m_u), broja lažnih ciljeva (L), verovatnoće izviđanja (P_i), ometanja na različitom zemljишту (P_{zm}) i pouzdanost (P_t) analiziraće se u glavi III.

Rezultati pokazuju da su velike razlike nominalnih i realnih mogućnosti neprijatelja, tj. da sa $m = N$ omotača ometa $N_o = N$ radio-veza, odnosno realan je zaključak da će srednji broj ometanih veza biti manji od broja omotača, a često i mnogo manji ($N_o < N$, često $N_o \ll N$, kada je $N = m$).

3) Procena mogućnosti neprijateljevih jedinica za protivelektronska borbena dejstva

(1) Procena dejstva konvencionalnim sredstvima

Egzaktna procena mogućnosti neprijatelja da PEBD konvencionalnim sredstvima naruši naš sistem veza, sigurno je vrlo složena i nema razrađenog pouzdanog metoda (posebno ne matematičkog) za njeno sprovodenje. Treba naglasiti da postoje egzaktne metode za proračunavanje pouzdanosti rada sistema veza u različitim uslovima njegovog narušavanja. Ali, ne postoje isto takve metode kojim možemo pouzdano proceniti sa kolikom će verovatnoćom doći do određenog (predviđenog) narušavanja sistema veza.⁷⁸ Da bismo što

⁷⁸ Ima radova koji proračunavaju pouzdanost postojećih veza, gde se izračunava verovatnoća pojavljivanja neke veze s određenim brojem oštećenih elemenata sistema veza,

pouzdanije procenili moguće efekte neprijateljevog narušavanja sistema veza bilo bi neophodno, između ostalog, proceniti ili izračunati: verovatnoću otkrivanja elemenata sistema veza (predstavlja skup verovatnoća radio-, vizuelnog, radarskog i optoelektronskog izviđanja); verovatnoću pogadanja ubojnim sredstvima; verovatnoću uništenja i srednji broj uništenih elemenata sistema veza u borbi. Ovakav metod iziskuje da se pre svega proceni sa kojim sredstvima će biti napadnuti pojedini ciljevi i u kom vremenu.

Da bismo procenili po kojim ciljevima potencijalni neprijatelji najčešće dejstvuju PEBD, neophodno je poznavati njihova načela PEBD. U prilozima br. 15 i 16 ilustrovana su dva primera⁷⁹ procene objekata RiK koji podležu EI, PEB i PEBD, i prilog br. 17⁸⁰ koji ilustruje zadatke PEB u KoV SAD. Ovi primeri ukazuju na kojim dubinama od prednjeg kraja (načelno važi za napad i odbranu), koje veze, odnosno objekti se izviđaju i ometaju ili uništavaju.

Da bi obavili kvalitetnu procenu neprijateljevih PEBD polazni podaci su:

- koji objekti će najverovatnije biti ciljevi neprijateljevih PEBD,
- kada i kojim sredstvima će verovatno dejstvovati po njima, i
- kolika je verovatnoća pogadanja nekog elementa sistema veza.

a) *Procena daljine uništenja (D_u)* je klasična, jer poznavajući daljine dejstva artiljerijskih jedinica, raketnih sistema Z-Z, avijacije i drugih snaga, zaključili smo da protivnik može dejstvovati po našim snagama (elementima sistema veza), najčešće u čitavoj zoni borbenih dejstava.

b) *Procena verovatnoće uništenja (P_u)* je naredni zadatak.

Pokušajmo posmatrati snage za PEBD (uništavanje) kao sistem masovnog opsluživanja sa otkazom.⁸¹

Prema formuli Erlanga (analogno formuli 13) stanje sistema određuje se prema

$$p_n = \frac{\frac{*\rho^u}{u!} \cdot \frac{I}{*p_i^u}}{\sum_{k=0}^u \frac{*\rho^k}{k!} \cdot \frac{I}{*p_i^k}} \quad (17)$$

gde je:

p_n – verovatnoća da elemenat sistema veze (stanica, centar, čvoriste i spojni put) neće biti uništen;

zatim se izračuna verovatnoća oštećenja veze i na osnovu nje funkcionalna pouzdanost. Osnovni nedostatak ovih metoda je što su početni (ulazni) parametri procenjene verovatnoće ali ne kao rezultat procene snage za PEB.

⁷⁹ Primeri su preuzeti iz interne strane literature.

⁸⁰ Osnovni zadaci PEB u KoV SAD prema literaturi: 34, 35, 49, 56 i 59.

⁸¹ Ovde je prezentiran treći primer korišćenja ove teorije.

u – broj sredstava koja mogu dejstvovati po elementu sistema veze;

$k = 0, 1, 2 \dots u$ (broj aktivnih sredstava);

$*\rho$ – intenzitet „pojavljivanja“ elemenata sistema veza, odnosno „pokretljivost cilja“ (da bi ga razlikovali od intenziteta saobraćaja veze) $*\rho = t_p/t_s$;

t_p – srednje vreme premeštanja (ili radio-čutanja) elemenata sistema veza;

t_s – srednje vreme rada elemenata sistema veza;

$*p_i$ – verovatnoća otkrivanja elemenata sistema veza (da bi je razlikovali od verovatnoće otkrivanja veza). Proračun ove verovatnoće prema formuli Erlanga nije eksplisitno dat, jer je istovetan sa izračunavanjem verovatnoće izviđanja ali se intenzitet saobraćaja veze ρ ovde zamenjuje sa intenzitetom, pojavljivanja „cilja“ ili „pokretljivosti cilja“, koji je označen znakom „ro sa zvezdicom“ ($*\rho$), a predstavlja količnik vremena ne rada elemenata sistema veza i vremena rada. Za izračunavanje se koristi tabela (prilog br. 13), „ro sa zvezdicom“ ($*\rho$) se očitava pod „ro“ (ρ) i poznavanja broja sredstava sa kojima se izviđa (npr. aviona), a to je broj u . Međutim, verovatnoća otkrivanja elemenata sistema veza predstavlja najčešće skup verovatnoća radio-, vizuelnog, radarskog i optoelektronskog izviđanja, koje se može izvoditi sa zemlje, iz vazdušnog prostora pa i kosmosa.

Sledi:

$$p_u = 1 - p_n \quad (18)$$

gde je p_u verovatnoća da će elemenat sistema veza biti uništen.

Primer:

Kolika je verovatnoća uništenja (p_u) predajnog radio-centra (PdRC), ako po njemu dejstvuju jedan, odnosno dva aviona ($u = 1, 2$), a verovatnoća da će biti otkriven je 0,8 ($*p_i = 0,8$), a za različita srednja vremena rada i premeštanja (ne rada)?

Proračun je napravljen na osnovu priloga br. 13. Tabele koje smo koristili za izračunavanje verovatnoće ometanja ovde su korišćene za izračunavanje verovatnoće uništenja, a ($u = n$).

			Srednje vreme premeštanja (h) t_p		
			1	3	6
Srednje vreme rada (h) t_s	3	$u = 1$	0,727	0,444	0,286
		$u = 2$	0,951	0,742	0,528
	6	$u = 1$	0,800	0,615	0,444
		$u = 2$	0,976	0,893	0,748

	12	$u = 1$	0,889	0,765	0,615
		$u = 2$	0,993	0,965	0,893
	18	$u = 1$	1	0,800	0,727
		$u = 2$		0,976	0,951

Iz tabele se vidi da verovatnoća uništenja (p_u) zavisi od broja sredstava kojima se dejstvuje po nekom cilju, ali i od pokretljivosti tog cilja.

Pokretljivost elemenata sistema veza je od posebnog značaja, jer se ona rešava tehnikom ali i obučenošću posluge. U mnogim armijama date su i norme za premeštanje KM i CV različitog nivoa. Tako npr. (u OS SAD) jedinica ranga brigade treba da se premešta u borbi 3–5 puta u toku dana, a bataljon svakih 3–4 sata, odnosno 5–7 puta u toku dana. Daljom analizom može se pokazati i uticaj verovatnoće otkrivanja cilja.

c) *Procena srednjeg broja uništenih objekata (N_u)*, sledi na osnovu prethodnih procena.

Kada smo procenili sa kojim sredstvima će neprijatelj dejstvovati po grupi objekata, onda je moguća primena sledećeg obrasca (matematičkog modela):

$$N_u = N' \left[I - \left(I - e^{-\frac{u_u}{u}} \cdot p_m \cdot p_u \right)^{\frac{u}{N'+L'}} \right] \quad (19)$$

ili

$$N_u = N' \left[I - \left(I - e^{-\frac{u_u}{u}} \cdot p_u \cdot \frac{I}{w_p} \right)^{\frac{u}{N'+L'}} \right] \quad (19/1)$$

gde je:

N_u – srednji broj objekata (elemenata sistema veza) koji će biti uništeni;

N' – broj objekata po kojima se dejstvuje;

u – broj raketa, art. oruđa, aviona ili helikoptera sa kojima protivnik dejstvuje u jednom napadu;

u_u – srednji broj uništenih raketa, art. oruđa, aviona ili helikoptera protivnika;

p_m – verovatnoća pogadanja cilja (ova veličina može se zameniti izrazom I/w_p , gde je w_p srednji broj pogodaka ili projektila neophodan za uništenje cilja, vidi prilog br. 15);

p_u – verovatnoća uništenja cilja;

L' – broj lažnih ciljeva.

Izračunavanjem srednjeg broja uništenih objekata (ciljeva) dobijamo objektivniju i realniju procenu mogućnosti neprijateljevih snaga za protivelektronska borbena dejstva. Na osnovu iznetog treba sagledati koliki

prekidi u pojedinim vezama će biti neminovni, a koliko je minimalno vremena neophodno da se narušeni sistem veza ponovo uspostavi.

(2) Procena dejstva nuklearnim oružjem

Procena, odnosno proračun učinaka nuklearnog oružja na sistem veza u borbi, kada su u pitanju topotno, udarno i radioaktivno dejstvo, obavlja se prema Priručniku za proračun učinka nuklearnih i hemijskih udara.⁸² Ovaj Priručnik izrađen je na osnovu odgovarajuće vojne literature stranih armija. Sadrži podatke (objašnjenja, tablice, primere proračuna) koji omogućavaju brzo sagledavanje mogućih ili nastalih učinaka nuklearnih eksplozija i hemijskih udara po različitim objektima (ciljevima),⁸³ i procenu moguće ili nastale radio-loške i hemijske situacije. Podaci su sistematizovani po logičnim celinama, što omogućava starešinama brzo i lako korišćenje.

Međutim, izneta procena ne zahvata elektromagnetno dejstvo nuklearne eksplozije. Već je rečeno da je ovo dejstvo dvojako. Procena učinaka elektromagnetskog impulsa nuklearne eksplozije (EMINE) analitičnim postupkom je ograničena kompleksnom prirodom fenomena EMINA. Zbog toga su problemi za koje postoji analitičko rešenje često daleko od realne situacije.⁸⁴

Međutim, mi ćemo se zadovoljiti najelementarnijim proračunima i procenom.⁸⁵

Svaka nuklearna eksplozija (NE) emituje EMINA. Njene karakteristike zavise od relativnog položaja centra NE, zemljišta, atmosfere, jonsfere, kosmosa, kao i od vrste i konstrukcije nuklearnog oružja, njegove snage (kt), itd.

⁸² Bivša interna literatura.

⁸³ Obuhvaćena su i sredstva veze. Osnovni razarajući (uništavajući) faktor objekata sistema veze je *udarni talas*. Radio-, radio-relejni i ostali uređaji pokretnih CV, a takođe i antenski sistemi bivaju uništeni pri pritisku fronta udarnog talasa od 0,2–0,3 kg/sm². Na primer, pri eksploziji nuklearnog projektila snage 100 kt, tehnika na otvorenom (nezaštićeno) biće uništena u radijusu do 3 km, a snage 1000 kt na oko 6 km. Kablovske linije na površini zemlje biće uništene pri pritisku udarnog talasa od 0,25–0,55 kg/sm² i pri snazi eksplozije od 100 kt u radijusu od 2,5 km, a od 1000 kt na oko 5 km.

Topotni talas (zračenje) uništava tehniku veze na manjim rastojanjima od epicentra eksplozije, nego kod udarnog talasa. Zbog šumskih požara neki centri, stanice i žične linije mogu biti uništeni i na velikim udaljenjima.

Radioaktivno zračenje može dovesti do uništavanja ili značajnih promena elemenata (komponenti) radio-elektronskih sredstava. Pri površinskim i vazdušnim eksplozijama običnih nuklearnih projektila opasno radioaktivno zračenje je približno dva puta manje od radijusa uništenja tehnike veze udarnim talasom. Pri eksploziji *neutronskog* projektila radijus uništenja ljudstva i tehnike veze snažnim talasom neutrona, može biti veći od udarnog talasa.

⁸⁴ U OS SAD se primenjuju numeričke metode bazirane na kompjuterskoj simulaciji, uz primenu moćnih i najsavremenijih računara.

⁸⁵ Sve izneta bazira na stranoj literaturi (teoriji i praksi), odnosno na prezentiranim podacima u literaturi br. 1, 30 i 58.

Polje EMINA *egzoatmosferske NE* je polje velikog intenziteta, kratkog vremena porasta (širok frekventni spektar) i svojim delovanjem obuhvata velika prostranstva zemljine površine. Oblast dejstva EMINA kao funkcija visine NE se definiše tangencijalnim radijusom R_t . Tangencijalni radius je dužina luka zemljine površine između nulte tačke i tačke u kojoj je zrak iz centra NE tangent na površinu zemlje, tj.:

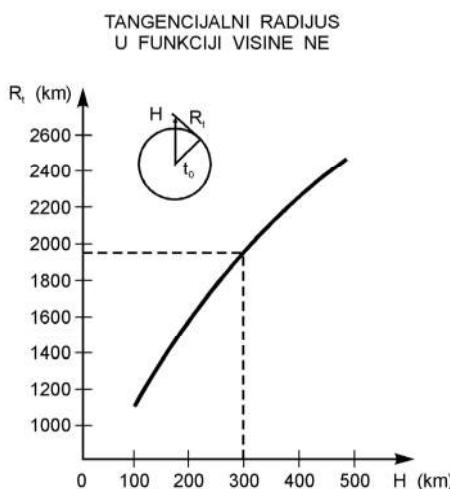
$$R_t = R_z \arccos \frac{R_z}{R_z + H} \quad (20)$$

gde je:

R_z – radius Zemlje ($R_z = 6371$ km);

H – visina centra NE iznad površine Zemlje.

Kao primer, za $H=300$ km tangencijalni radius je 1920 km, što znači da za NE na toj visini EMINA može delovati u celoj oblasti definisanoj ovim radijusom. Na slici 4, dat je grafički prikaz zavisnosti R_t od visine centra NE. Treba istaći da efekat EMINA u potpunosti ne nestaje na rastojanjima većim od R_t . Za posmatrača iznad površine Zemlje EMINA se može registrovati u celoj oblasti u kojoj postoji direktna vidljivost centra NE.



Slika 4.

Maksimalna jačina električnog polja egzoatmosferske NE „slobodnog“ EMINA u atmosferi (van područja izvora EMINA)⁸⁶ je oko 50 kV/m, vreme

⁸⁶ Oblast izvora EMINA definisana je jačinom ekspozicione doze koja prouzrokuje da provodnost vazduha bude veća od 10^{-7} S/m i posebno se proračunava. Za površinske i vazdušne NE (do 20 km nadmorske visine) može se aproksimirati kružnim delom sferne ljske debljine

porasta od 4 do 10 ns, vreme pada do $\frac{1}{2}$ maksimalne vrednosti od 20 do 300 ns. Jačina polja opada po zakonu $1/R$, gde se poluprečnik R računa od centra NE.

Spektar EMINE egzoatmosferskih NE obuhvata područje frekvencija od nekoliko kHz do 100 MHz, sa graničnom frekvencijom oko 1 GHz. Najintenzivnije frekventno područje je od oko 100 kHz do 10 MHz.

Površinska NE u području izvora EMINE ima jačinu električnog polja oko 100 kV/m, vreme porasta EMINE je oko 20 ns, a ukupno trajanje je oko 100 μ s.

U atmosferi van područja izvora EMINE površinske NE maksimalna jačina električnog polja procenjuje se po formuli:

$$E_{max} = \frac{10}{R_{NE} [km]} \left[\frac{kV}{m} \right] \quad (21)$$

Radius oštećenja elektronskih sredstava i sistema, kod površinskih NE male snage, veći je od korespondentnog radijusa udarnog talasa, dok je kod NE velike snage ($W > 100$ kt) radius udarnog i toplotnog talasa veći od radijusa EMINE.

Spektar EMINE površinskih NE obuhvata isto područje kao i kod egzoatmosferskih NE.

Za *vazdušne NE* situacija je slična kao i za površinske NE, s tom razlikom što je intenzitet polja EMINE u području van izvora EMINE za red veličine manji nego kod površinskih NE. Zato se može ceniti da su za sredstva i sisteme veza opasnija ostala dejstva NE.

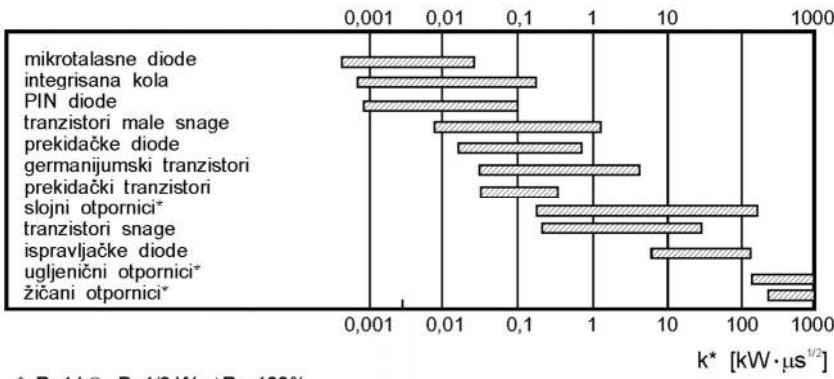
Kod *podzemnih NE* jačina električnog polja EMINE je mala (reda mV/m), pa ne predstavlja opasnost za sredstva i sisteme veza na površini zemlje.

Ako pozajmimo energetski prag oštećenja raznih elektronskih komponenti, odnosno sredstava i sistema veza ili njihovih kritičnih delova, onda se može, na osnovu određenog radijusa (zone) dejstva EMINE i proračunate ili procenjene snage električnog polja u određenoj zoni, proceniti i verovatan broj sredstava koji bi bio oštećen zbog uticaja EMINE.

Pošto sve električne i elektronske komponente nisu podjednako osetljive na dejstva EMINE uveden je takozvani parametar oštećenja (k^*), koji predstavlja brojno snagu električnog impulsa čije je trajanje 1μ s, a dovodi do oštećenja ispitivane komponente. Vrednost parametra k^* za različite komponente data je na slici 5.⁸⁷

oko 20 km koja se nalazi na nadmorskoj visini od 20 do 40 km, prečnika između 1 000 do 4 000 km, zavisno od snage NE i visine.

⁸⁷ Eksperimentalni rezultati su iz stranih izvora. Za sada u nas ne postoje podaci o osetljivosti naših elektronskih komponenti, sredstava i sistema na dejstvo EMINE.



Slika 5.

Sredstva veze će obavljati svoju funkciju samo ako nisu oštećena osetljiva mesta. Poznavajući verovatnoću oštećenja pojedinih kritičnih elemenata (uglavnom poluprovodnika) moguće je odrediti verovatnoću oštećenja sredstava veze (P_{su}^*) na sledeći način:

$$p_u^* = 1 - (1 - p_1)(1 - p_2) \dots (1 - p_z) \quad (22)$$

gde je:

$p_{1, 2, \dots, z}$ – verovatnoća oštećenja nekog elementa;
 z – broj osetljivih elemenata.

Uticaj nuklearne eksplozije na sistem veza, sem EMINE, ispoljava se slabljenjem ili rasejanjem elektromagnetskih talasa koji se prostiru kroz ionizovani sloj stvoren nuklearnom eksplozijom. Uticaj jonizovane oblasti narušava rad radio-veze u određenom vremenskom intervalu, tj. ne prouzrokuje trajna oštećenja elektronskih sredstava i sistema kao EMINE. Na pregledu⁸⁸ (prilog br. 18) prezentirani su podaci o mogućim prekidima u radio-vezama usled NE, koji se mogu koristiti za procenu trajanja prekida u radio-vezama.

4) Zaključak iz procene

Na kraju celokupne procene može se zaključiti.

Sistem za protivelektronsku borbu neprijatelja SPEB sačinjavaju podsistemi ili elementi za izviđanje, ometanje – obmanjivanje i za fizičko uništavanje sistema veza, pa možemo pisati:

$$S_{PEB} \in \{S_i, S_o, i, S_u\}$$

⁸⁸ Combat Communications Within Division FM-1150, 1977. (Borbene veze divizije – priručnik).

Svaki pojedinačno i sistem u celini će nastojati da u borbenim dejstvima bude što efikasniji, tj.:

$$S_{PEB} \rightarrow E_{PEB} \rightarrow I$$

Efikasnost elemenata S_{PEB} možemo vrednovati preko verovatnoće izvršavanja njihovih zadataka pa je:

$$P_{PEB} = f(p_i, p_{om}, p_u)$$

Ova verovatnoća se može aproksimirati sledećom relacijom:

$$\boxed{P_{PEB} \approx 1 - (1 - p_{om})(1 - p_u)} \quad (23)$$

U izrazu nema eksplisitno verovatnoće p_i , jer je ona neophodna za izračunavanje verovatnoća p_{om} i p_u .

Može se postaviti pitanje, zašto ocenjujemo efikasnost sistema (S_{PEB}) samo preko jednog kriterijuma, verovatnoće izvršavanja zadataka, kao funkcije vremena. Međutim, to je samo prividno. Poznato je da nema sveobuhvatne procene i da se mora izvršiti određeno uprošćavanje ali, po mogućnosti, izabrati kriterijum koji najviše u sebi sadrži i ostale elemente procene. Zato je izabrana verovatnoća izvršavanja zadataka, jer je za njeno izračunavanje potrebno: poznavati gustinu saobraćaja i pokretljivosti našeg sistema veza; proceniti količinu sredstava (materijalnih i ljudskih) za izviđanje, ometanje i uništavanje elemenata sistema veza, koje protivnik može da angažuje, a za ovu procenu je neophodno poznavati ili proračunati daljine izviđanja, ometanja i uništavanja.

Sem iznetog, verovatnoća izvršavanja zadatka koristi se i za izračunavanje srednjeg broja izviđanih, ometanih i uništenih sredstava (elemenata) našeg sistema veza. Na taj način zastupljena su sva četiri elementa procene: ljudski i materijalni (protivnika i vlastitih snaga), prostorni i vremenski.

Očigledno je da će visoka efikasnost S_{PEB} uticati da spremnost (raspoloživost) našeg sistema veza bude niska, a to znači da i njegova ukupna efikasnost mora biti mala i obratno, tj. ovo su protivrečni događaji koji proističu iz dva sukobljena sistema.

Zaključak iz procene dejstva nuklearnog oružja je sagledavanje mera zaštite koje se mogu primeniti.

Glava II

MODELOVANJE SISTEMA VEZA U BORBI I ODREĐIVANJE NJEGOVE EFIKASNOSTI

1. TEORIJSKE OSNOVE MODELOVANJA

Pošto oružanu borbu nije moguće izazvati da bismo istražili ili ocenili efikasnost neke jedinice ili sistema u njoj, neophodno je izraditi model⁸⁹ pomoću kojeg će se oponašati realni sistem. To oponašanje nije kompleksno, već samo u onom delu (segmentu), gde je predmet konkretnog istraživanja. Oponašanje nekog procesa se može, između ostalog, obavljati pomoću matematičkih modela.⁹⁰

Prema tome, na modelu se mogu simulirati procesi, tj. može se ekvivalentno oponašati stvarnost. To zahteva da između obeležja modela i realnog sistema budu jednoznačno određeni odnosi koji omogućavaju povratak od modela ka realnom sistemu u svakom slučaju. Zbog toga postoji pravilo da se može simulirati samo ono što je poznato.⁹¹

Na proces funkcionisanja nekih složenih sistema, kao što su borbeni i neborbeni sistemi, bitno utiču slučajni faktori. Oni, takođe, moraju biti preslikani u matematički model toga procesa. Postupak tog preslikavanja najčešće se izvodi pomoću slučajnih veličina, slučajnih događaja i slučajnih funkcija. Postoji više pristupa matematičkom modeliranju, kao i više načina korišćenja modela, odnosno dobijanje izlaznih veličina iz modela. Ako je matematički model u vidu jednačina koje se mogu rešavati po izlaznim količinama analitičkim putem, radi se o analitičkim modelima. Ako se model gradi uz uzimanje u obzir uticaja slučajnih faktora, takav model se naziva stohastički.⁹²

⁸⁹ Model se najčešće definiše kao uprošćena slika stvarnosti ili sintetska apstrakcija realnosti. Kibernetika i opšta teorija sistema su omogućile primenu određenih tehnika oponašanja pojava i procesa na modelima.

⁹⁰ Matematički model nekog realnog sistema predstavlja skup relacija (izraza, jednačina, nejednačina, operatora, logičkih uslova itd.) preko kojih se mogu odrediti stanja sistema u toku vremena njegovog funkcionisanja. Ovo oponašanje zavisi od konkretnih parametara koji opisuju sistem, kao i od okruženja koje deluje na sistem.

⁹¹ RiK jedinicama u borbenim dejstvima najčešće se modeluje pomoću logičkih modela koji prikazuju ponašanje realnog sistema i njegove procese funkcionisanja pomoću matematičkih jednačina dopunjениh logičkim shvatanjem konkretne situacije.

⁹² Sem osnovne klasifikacije na fizičke i matematičke modele, moguće su klasifikacije modela a) prema funkciji modela: deskriptivni, normativni i prediktivni; b) prema strukturi: simbolički, analogni i ikonički; c) prema slučajnosti u modelu: deterministički, modeli rizika, neizvesnosti i konfliktni; d) prema stepenu opštosti modela: specijalizovani i opšti; e) prema

Dinamika borbenih dejstava odvija se redovno uz prisustvo slučajnih (stohastičkih) faktora, pa je opisivanje te dinamike čisto analitičkim putem često nerešiv zadatak.

Opšti metodski postupak za izradu analitičkog – stohastičkog modela sastoji se u sledećem:

- definisati borbeni ili neborbeni sistem, opisati moguća stanja sistema i uslove prelaza iz jednog stanja u drugo;
- proučiti proste tokove događaja koji prevode sistem iz jednog stanja u drugo;
- razraditi matematički model zadatka sastavljanjem sistema diferencijalnih jednačina koje opisuju stanje sistema. Prevođenjem tog sistema jednačina u sistem običnih algebarskih jednačina za slučaj stacionarnog rada sistema, te rešavanjem tih jednačina doći do pokazatelja efikasnosti funkcionisanja sistema, i
- testirati model za različite uslove rada sistema i doći do zaključka o stepenu efikasnosti (borbene) sistema za date uslove izvođenja borbenih dejstava.

1) Opis sistema i njegovih stanja

Funkcionisanje realnog borbenog ili neborbenog sistema moguće je posmatrati kao sistem masovnog opsluživanja, čije funkcionisanje zavisi od jedne ili više veličina koje su zavisne od karakteristika sistema, vremena i dejstva protivnika. Pošto su te veličine obično stohastičke prirode njihova zavisnost od navedenih faktora ponaša se po statističkim zakonitostima, pa se postavlja pitanje kako odrediti karakter te zavisnosti. Izučavanje tih zakonitosti omogućava da se odrede verovatnoće različitih stanja sistema. Raspored verovatnoća stanja sistema i odnosi koji postoje među veličinama koje karakterišu rad sistema predstavljaju matematički model sistema.

Može se reći da se u fizičkom sistemu S dešava slučajni proces, ako on u nekom vremenu – pod uticajem slučajnih faktora – prelazi iz stanja u stanje.⁹³

Sistem S naziva se sistem s diskretnim stanjima, ako on ima konačan skup mogućih stanja S_1, S_2, \dots, S_n , a prelazi iz jednog stanja u drugo ostvaruju se skokom.

Za opisivane slučajnih procesa koji se dešavaju u sistemu s diskretnim stanjima S_1, S_2, \dots, S_n , često se koristimo verovatnoćom stanja:

mogućnosti kvantifikacije: kvalitativni i kvantitativni (statistički, optimizacioni, heuristički i simulacioni) i f) prema vremenskoj zavisnosti: statički i dinamički.

⁹³ Izнетa teorija iz oblasti verovatnoće obrazložena je u velikom broju literature, kako domaće tako i strane. Iznete su osnove na osnovu literature br. 3 (I i II izdanje), 8. i 9, samo zato da bi se sagledala njena upotrebljiva vrednost u analizi efikasnosti sistema veza.

$p_1(t), p_2(t), \dots, P_n(t)$,

gde je $p_k(t) (k = 1, 2, \dots, n)$ – verovatnoća da se u momentu „ t “ sistem nalazi u stanju S_k .

Verovatnoću $P_k(t)$ zadovoljava uslov:

$$\sum_{k=1}^n p_k(t) = 1$$

Slučajni proces koji se dešava u sistemu S , naziva se proces s diskretnim vremenom, ako su prelazi sistema iz stanja u stanje mogući u određenim vremenskim momentima t_1, t_2, \dots . Ako su prelazi mogući u bilo kojem (željenom) vremenskom momentu, proces se naziva proces s neprekidnim vremenom.

Kada u sistemu S s diskretnim stanjima proizilazi slučajni proces s neprekidnim vremenom, ti se prelazi sistema iz stanja u stanje mogu posmatrati kao proizvod uticaja nekih tokova⁹⁴ (nizova) događaja. Slučajni proces s diskretnim stanjima naziva se MARKOVSKI, ako sve verovatnoće karakteristika procesa ubuduće zavise samo od toga u kakvom se stanju taj proces nalazi u sadašnjem vremenskom momentu i ne zavisi od toga na koji je način taj proces tekao u prošlosti (buduće zavisi od prošlog, samo kroz sadašnjost). Kod Markovskog procesa svi tokovi (nizovi) događaja koji prevode sistem iz stanja u stanje, postaju Puasonovi.⁹⁵

U teoriji verovatnoće dokazuje se ako je tok događaja običan i bez posledica, broj događaja koji se ostvaruju u zadatom vremenu raspoređuje se po tzv. Puasonovom zakonu. Verovatnoća da će se u zadatom vremenu desiti tačno „ m “ događaja određuje se formulama:

$$p(m, \alpha) = \frac{\alpha^m}{m!} \cdot e^{-\alpha}$$

$$R(m, \alpha) = \sum_{k=0}^m \frac{\alpha^k}{k!} \cdot e^{-\alpha}$$

⁹⁴ Nizovi događaja koji se dešavaju jedan za drugim u jednakim ili nejednakim intervalima vremena, a bitno menjaju stanja u dinamici rada borbenih ili neborbenih sistema, pa prema tome i u modelima koji treba da što objektivnije i realnije odslikavaju stanja realnog sistema, nazivaju se ulazni tokovi događaja modela. Kod sistema veza to su na primer tokovi dolaska informacija u centre veze, tokovi primopredaje informacija i dr.

⁹⁵ Puasonov tok ima sledeće karakteristike:

a) ordinarnost (običnost), događaji dolaze pojedinačno i pojavljuju se u slučajnim vremenskim momentima;

b) odsustvo posledica, događaji su nezavisni jedan od drugog;

c) stabilnost, pri sabiranju intenziteta nezavisnih tokova dobija se opet Puasonov tok, i

d) stacionarnost, intenzitet događaja ne zavisi od vremena već je konstantna veličina i ravna je srednjem broju događaja koji se pojavljuju u jedinici vremena. Tok događaja sa ovom osobinom naziva se PROST TOK.

gde je α – srednji broj ostvarenih događaja u zadatom vremenu. Tokovi događaja bez posledica pojavljuju se svugde gde su pojave postupnih događaja uslovljene različitim uzrocima, nepovezanim jedan sa drugim. Kao primer ovakvog toga događaja može da služi tok poziva na telefonskoj centrali, kada razni učesnici (korisnici) pozivaju ne dogovarajući se, a rukovode se međusobno nepovezanim razlozima.

Pri rešavanju zadataka, kada je efikasnost sistema limitirana njegovom propusnom sposobnošću, koristi se posebni deo teorije verovatnoće, tzv. teorija masovnog opsluživanja.

Sistem masovnog opsluživanja se naziva bilo koji sistem, predodređen za opsluživanje nekog toka zahteva.

Sistemi masovnog opsluživanja dele se na sistem sa otkazom i sistem sa čekanjem.

U sistemu s otkazima potraživanje koje je došlo u momentu kad su svi kanali opsluživanja zauzeti dobija otkaz i sistem se prekida. Zato je naknadno potrebno ponoviti potraživanje.

U sistem sa čekanjem takvo potraživanje ne prekida sistem, već se svrstava u red i čeka dok se ne oslobodi neki kanal. Vreme čekanja i broj mesta u redu mogu biti kako neograničeni, tako i ograničeni.

Sistemi masovnog opsluživanja nazivaju se Puasonovi, ako se svi nizovi događaja koji ga prevode iz stanja u stanje, javljaju kao Puasonovi, a to znači da se događaji pojavljuju pojedinačno, u slučajnim vremenskim momentima i da su nezavisni jedan od drugog.

Mi ćemo razmatrati samo Puasonove sisteme masovnog opsluživanja, i to s prostim nizovima (tokovima) prelaza.

Rad sistema masovnog opsluživanja s otkazima karakterišu sledeći parametri:

- broj kanala „ n “ za opsluživanje
- gustina (intenzitet) toka (niza) potraživanja „ λ “ jednaka je:

$$\lambda = \frac{I}{t_p}$$

gde je t_p srednje vreme između dva potraživanja kod prostog (stacionarnog) toka: $\lambda = \text{const}$;

– gustina „toka opsluživanja“ jednog kanala „ μ “, odnosno produktivnost ili propusna sposobnost jednog kanala jednaka je:

$$\mu = \frac{I}{t_s}$$

gde je t_s srednje vreme opsluživanja jednog potraživanja:
 $t_s = M(T_s)$

T_s – slučajno vreme opsluživanja jednog potraživanja.
Verovatnoća stanja sistema određuje se formulom Erlanga:⁹⁶

$$p_k = \frac{\frac{\alpha^k}{k!}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!}} \quad (24)$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu}.$$

($k = 0, 1, \dots, n$),

Verovatnoća p može se izračunati i pomoću tablice Puasonove raspodele prema formuli:

$$p_k = \frac{P(k, \alpha)}{P(n, \alpha)} = \frac{R(k, \alpha) - R(k-1, \alpha)}{R(n, \alpha)} \quad (25)$$

gde je:

$$P_{(k, \alpha)} = \frac{\alpha^k}{k!} \cdot e^{-\alpha},$$

$$R_{(k, \alpha)} = \sum_{k=o}^n \frac{\alpha^k}{k!} \cdot e^{-\alpha} \quad (k = 0, 1, \dots, n)$$

Verovatnoća da će potraživanje biti opsluženo (da neće dobiti otkaz) izražava se formulom:

$$P_{op} = 1 - p_n = 1 - \frac{P(n, \alpha)}{R(n, \alpha)} = \frac{R(n-1, \alpha)}{R(n, \alpha)} \quad (26)$$

Sem verovatnoće opsluživanja moguće je razmatrati i druge karakteristike sistema.

Za bilo koji sistem masovnog opsluživanja u kome se svaki poziv može opslužiti samo jednim kanalom, srednji broj poziva $\bar{\lambda}_o$ koji su opsluženi u jedinici vremena, određuje se kao proizvod srednjeg broja zauzetih kanala (\bar{k}) i gustine toka opsluživanja:

$$\bar{\lambda}_o = \mu \bar{k} \quad (27)$$

gde je:

- $\bar{k} = M(K)$;
- K – broj zauzetih kanala.

Verovatnoća opsluživanja proizvoljno odabranog poziva jednaka je odnosu gustine toka opsluženih poziva i gustini toka dolazećih poziva:

⁹⁶ Izvođenje formule dato je u narednom tekstu.

$$P_{op} = \frac{\bar{\lambda}_o}{\lambda} \quad (28)$$

pa je:

$$\bar{\lambda}_o = \mu \bar{k} = P_{op} \cdot \lambda^{97} \quad (29)$$

Otuda je srednji broj zauzetih kanala:

$$\bar{k} = \frac{\lambda}{\mu} P_{op} = \alpha P_{op} \quad (30)$$

ili u skladu s formulom (26) dobija se:

$$\bar{k} = \alpha \frac{R(n-1, \alpha)}{R(n, \alpha)} \quad (31)$$

Izraz za srednji broj zauzetih kanala može se dobiti i iz formule:

$$\bar{k} = \sum_{k=0}^n kp_k \quad (32)$$

gde se p_k određuje iz formule (24) ili (25).

Verovatnoća da je kanal zauzet, odnosno verovatnoća da će proizvoljno odabrani kanal biti zauzet opsluživanjem nekog poziva označimo sa P_z . Očigledno je da je ova verovatnoća jednaka za sve kanale, pa je:

$$\bar{k} = nP_z \quad (33)$$

stoga je:

$$P_z = \frac{\bar{k}}{n} = \frac{\alpha}{n} \cdot \frac{R(n-1, \alpha)}{R(n, \alpha)} \quad (34)$$

Srednje vreme neiskorišćenosti kanala (srednje vreme u kome je kanal slobodan) označićemo sa t_n , a odredićemo iz uslova:

$$P_z = \frac{t_r}{t_r + t_n} \quad (35)$$

gde je t_r srednje vreme zauzetosti jednog kanala, pa je:

$$t_n = t_r \frac{1 - P_z}{P_z} = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{1 - P_z}{P_z} \quad (36)$$

Ovo vreme nam pokazuje koliko vremena će u proseku kanali biti neiskorišćeni.

Iz iznetog sledi zaključak da teorija masovnog opsluživanja izučava procese povezane sa radom različitih sistema koji vrše opsluživanje, kao što su: sistem veza (njegovi delovi ili u celini), sistem za radio-izviđanje, ometanje i

⁹⁷ Ovaj izraz se u nekoj literaturi tretira kao apsolutno propusna sposobnost i obeležava se sa:

$Q = \lambda P_{op}$.

drugi. Ova teorija ne razmatra samo propusnu sposobnost, već i druge karakteristike, tj. može da se koristi za određivanje efikasnosti rada sistema.

2) Tokovi događaja koji prevode sistem iz jednog stanja u drugo

Sa stanovišta metoda građenja analitičko-stohatičkih modela borbenih i neborbenih dejstava, uočljivo je da u proučavanju realnih borbenih i neborbenih sistema prvenstveno treba prepoznati i izučiti tokove događaja. Ako su tokovi događaja koji prevode sistem iz stanja u stanje prosti i Puasonovi,⁹⁸ onda je reč o proučavanju Markovskih slučajnih procesa u sistemu. Sistemi u kojima se odvijaju takvi procesi nazivaju se Puasonovi sistemi, tj. u njima se odvijaju slučajni procesi Markova u neprekidnom vremenu. Zato je za građenje modela borbenih dejstava veoma važno poznavanje metoda proučavanja Puasonovih sistema.

Realne vrednosti tokova događaja moguće je spoznati jedino empirijskim putem (iskustva iz oružane borbe ili fizičkih modela) i njihovom statističkom obradom.

3) Matematički model sistema

Jedan od mogućih načina sastavljanja sistema diferencijalnih jednačina koje opisuju stanja sistema i njegove promene takođe se oslanja na valjano izvršen opis sistema, njegovih stanja i tokova događaja u sistemu. Prilikom opisa stanja sistema i crtanja grafa preko koga se predstavlja dinamika funkcionisanja borbenog i neborbenog sistema (kao sistema masovnog opsluživanja) treba se pridržavati sledećih OPŠTIH UPUTSTAVA koja se nazivaju MNEMONIČKA PRAVILA:

(1) Čvorova grafa treba da bude tačno onoliko, koliko ima mogućih stanja borbenog i neborbenog sistema (označavaju se u obliku pravougaonika u koji se upisuju konkretna stanja sistema $S_0, S_1, \dots, S_k, \dots, S_n$).

(2) Ako je fizički moguć prelaz iz nekog i -tog stanja sistema S_i direktno ($i = 1, 2, \dots, n-1$) u j -to stanje S_j ($j = 2, 3, \dots, n$) pri čemu je $i > j$, onda se čvor grafa (stanja) S_i povezuje sa čvorom S_j strelicom, odnosno granom grafa tako da strelica bude orijentisana prema čvoru S_j .

Strelica označava intenzitet prelaza iz stanja u stanje.

(3) Obratna strelica (grana grafa) iz čvora S_j prema čvoru S_i biće nacrtana samo u slučaju, ako je moguć prelaz sistema iz stanja S_j u stanje S_i .

⁹⁸ U izučavanju slučajnih procesa koje srećemo u dinamici borbe važnu ulogu imaju slučajni procesi Markova i slučajni tokovi događaja Poisson-a (Puasona). Njihove osobine su već opisane.

(4) Na svakoj strelici (grani grafa) treba naznačiti intenzitet toka događaja, koji sistem prevodi iz stanja odakle strelica potiče u stanje gde je strelica usmerena. Pri tome je bitno da ti tokovi predstavljaju slučajne procese Markova u neprekidnom vremenu sa osobinama koje su napred opisane.

Radi ilustracije sastavljanja grafa stanja neborbenog sistema razmotrimo sledeći primer.

Neborbeni sistem sačinjava „ n “ kanalni sistem veza realizovan između centara veze dve jedinice. Na oba centra veze pristižu sa nekim intenzitetom „ λ “ informacije koje se prenose sa intenzitetom „ μ “. Ako su svi kanali zauzeti, informacije moraju da čekaju⁹⁹ dok se neki od „ n “ kanala ne osloboodi. Može se dogoditi da deo kanala bude u nekom trenutku slobodan, jer nema informacija za prenos. Ne razmatra se mogućnost da neki od kanala veze ne može da prenosi informacije zbog ometanja protivnika, jer će se to razmatrati naknadno.

Za opisani sistem veza, moguća stanja u njemu za neko vreme (t) su sledeća:

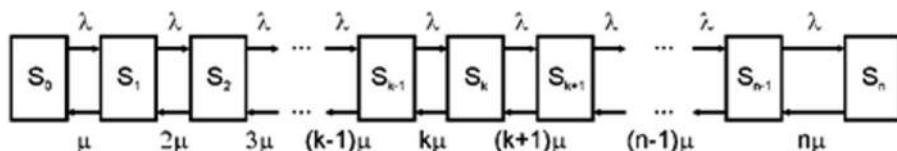
- S_0 – svi kanali su slobodni;
- S_1 – jedan kanal je zauzet, ostali su slobodni;
- S_k – „ k “ kanala je zauzeto, ostali su slobodni;
- S_n – svi kanali su zauzeti.

Intenzitet prelaska jednog stanja u drugo označimo na sledeći način:

λ – intenzitet dolaska informacija koji sistem prevode iz stanja S u neko drugo stanje;

- μ – intenzitet opsluživanja koji sistem prevodi iz stanja S_1 u S_0 ;
- $k\mu$ – intenzitet opsluživanja koji sistem prevodi iz stanja S_k u S_{k-1} ;
- $n\mu$ – intenzitet opsluživanja koji sistem prevodi iz stanja S_n u S_{n-1} .

Poštujuci izneta pravila za crtanje grafa stanja sistema, za opisani sistem veza graf stanja bio bi sledeći:



$$p_o(t), p_1(t), \dots, p_{k-1}(t), p_k(t), p_{k+1}(t), \dots, p_{n-1}(t), p_n(t)$$

⁹⁹ Istaknuto je da ćemo analizirati samo sistem masovnog opsluživanja sa otkazom, a ne i sa čekanjem. Uslovno sistem veze deluje kao sistem masovnog opsluživanja sa otkazom, jer se u slučaju kada su svi kanali zauzeti posle izvesnog vremena mora ponoviti ponuda informacije za prenos, jer nije automatizovani sistem.

Na osnovu nacrtanog grafa stanja sistema, sistem diferencijalnih jednačina kojima se opisuje njegova dinamika može se lako sastaviti pridržavanjem sledećih mnemoničkih pravila:

(1) Sistem diferencijalnih jednačina (DFJ), koji predstavljaju osnov matematičkog modela sistema i načina njegovog funkcionisanja u vremenu (t), treba da ima onoliko jednačina, koliko čvorova grafa (stanja sistema).

(2) Leva strana svake DFJ predstavlja izvod verovatnoće stanja S_i u vremenu (t):

$$p'_i(t) = \frac{dp_i(t)}{dt}, \quad i = 0, 1, 2, \dots, n$$

i mora biti ravna algebarskom zbiru onoliko članova na desnoj strani dotične DFJ, koliko ima strelica (grana) na posmatranom čvoru S_i , koje povezuju taj čvor sa ostalim čvorovima grafa.

(3) Ako je strelica grafa usmerena PREMA čvoru stanja S_i za koji se jednačina sastavlja, onda će taj član desne strane DFJ imati znak PLUS, u protivnom će imati znak MINUS.

(4) Broj POZITIVNIH članova na desnoj strani DFJ dotičnog čvora stanja biće ravan broju strelica koje ULAZE u dotičan čvor, a broj NEGATIVNIH jednak je broju strelica koje iz tog čvora IZLAZE.

(5) Svaki od članova desne strane DFJ dobiće se kao proizvod verovatnoće i -tog stanja u momentu t iz koga strelica polazi $p_i(t)$ i intenziteta toka događaja koji prevodi sistem u stanje smera odgovarajuće strelice, dakle:

$$\pm p_i(t) \cdot \lambda$$

$$\pm p_i(t) \cdot i \cdot \mu$$

Izneta pravila ilustrovaće se kroz sastavljanje sistema DFJ, koja opisuju stanja sistema iz primera. Za pojedina stanja sistema važe sledeće DFJ:

$$p'_0(t) = -\lambda p_o(t) + \mu p_l(t)$$

$$p'_k(t) = \lambda p_{k-l}(t) + (k+1)\mu p_{k+l}(t) - (\lambda + k\mu)p_k(t)$$

$$p'_n(t) = \lambda p_{n-l}(t) - n\mu p_n(t)$$

Za slučaj graničnog, stacionarnog režima rada sistema, ovaj sistem DFJ se može prevesti u sistem običnih algebarskih jednačina i rešiti kada $t \rightarrow \infty$, onda je:

$$p'_0(t) = 0 \quad p'_k(t) = 0 \quad i \quad p'_n(t) = 0;$$

$$p_0(t) = P_0 \quad p_k(t) = P_k \quad i \quad p_n(t) = P_n,$$

pa je:

$$-\lambda P_o + \mu P_l = 0, \quad P_l = \frac{\lambda}{\mu} P_o$$

$$\lambda P_{k-l} + (k+1)\mu P_{k+l} - (\lambda + k\mu)P_k = 0$$

$$\lambda P_{n-1} - n\mu P_n = 0$$

$$\text{za } k = 1 \quad P_1 = \frac{\lambda^2}{2\mu^2} P_o$$

$$\text{za } k = 2 \quad P_2 = \frac{\lambda^3}{3!\mu^3} P_o$$

$$p_k = \frac{\lambda^k}{k!\mu^k} P_o$$

Ako se uvede zamena $\alpha = \frac{\lambda}{\mu}$, $\lambda = \alpha\mu$ onda je:

$$p_k = \frac{\alpha^k}{k!} P_o \quad (37)$$

Pošto je uslov:

$$\sum_{k=0}^n P_k = 1, \quad \sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} P_o = 1, \quad P_o = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!}}$$

zamenom u (37) dobija se:

$$p_k = \frac{\frac{\alpha^k}{k!}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!}} \quad (38)$$

Izraz predstavlja verovatnoću da se posmatrani sistem veza nađe u stanju k , tj. verovatnoću da je k kanala veze zauzeta.

Ako je $k = n$, tada su svi kanali veze zauzeti, što znači da sistem veza nije više u stanju niti da preda niti da primi informaciju, tj. nalazi se u stanju otkaza.

Dakle, verovatnoća otkaza posmatranog sistema veza jednaka je:

$$P_n = \frac{\frac{\alpha^n}{n!}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!}} \quad (39)$$

($n = 1, 2, \dots$), a verovatnoća opsluživanja jednaka je:

$$P_{op} = 1 - P_n \quad (40)$$

Ova verovatnoća tretira se i kao efikasnost rada (funkcionisanja) sistema.¹⁰⁰

4) Testiranje modela za različite uslove

Na osnovu testiranja modela za različite uslove, odnosno sprovođenja eksperimenta s modelom i analize dobijenih rezultata, dolazi se do značajnih zaključaka o stepenu efikasnosti borbenog ili neborbenog sistema u razmatranim uslovima. Očigledno je da saznajni nivo zaključaka zavisi od objektivno postavljenih uslova u kojima može da egzistira modelovani sistem, odnosno od valjano izvršenog modelovanja.

2. SISTEM VEZA U BORBI KAO SISTEM MASOVNOG OPSLUŽIVANJA

Razmatramo sada sistem veza u borbi kao sistem masovnog opsluživanja. Nema dileme da se sistem veza može posmatrati kao sistem masovnog opsluživanja, jer ima limitiranu propusnu sposobnost, a informacije (pisane, govorne i druge), koje treba preneti i predati tačno određenim korisnicima, pristižu sa određenim intenzitetom u centre veze.

Zavisno od kapaciteta kanala veze i raznih uticaja na njihov neprekidan i kvalitetan rad u svakom kanalu postiže se neki intenzitet prenosa informacija, odnosno odgovarajuća „produktivnost“. U teoriji masovnog opsluživanja postoji, kao što je već istaknuto, osnovna podela na sisteme masovnog opsluživanja sa otkazom i čekanjem, ali postoje i razne kombinacije, tj. ova teorija može da

¹⁰⁰ Vrednovanje efikasnosti nekog sistema može biti različito. U teoriji o efikasnosti (delotvornosti) tehničkih sistema ona se izražava i kao:

$$E = P_t \cdot K_s \cdot P_k$$

gde je, u širem smislu:

P_t – „pouzdanost“ sistema, tj. sa kojom verovatnoćom se može očekivati da sistem bude u operativnom (radnom stanju) u toku vremena T . Ovaj pokazatelj karakteriše svojstvo sistema da u određenom periodu vremena ispravno funkcioniše i obavlja svoje zadatke, odn. to je vreme između dva događaja koja označavaju prekidanje normalnog funkcionisanja sistema;

K_s – „operativna raspoloživost“ sistema je pokazatelj koji predstavlja određeni procenat od ukupnog vremena T u kome se može očekivati da sistem bude u operativnom stanju. Ovaj pokazatelj posredno pokazuje sa kakvim svojstvom sistem raspolaže da se u slučaju otkaza sistema vrati u operativno stanje;

P_k – „prikladnost sistema za vršenje funkcije“ je karakteristika koja definiše sposobnost, svojstvo, sistema sa kojom će verovatnoćom izvršiti zadatak zbog koga je projektovan. Ovaj pokazatelj izražava stepen i dostignuti nivo racionalne organizovanosti za uspešno izvršavanje osnovnog zadatka sistema.

Literatura: 7, 16 i 61.

rešava vrlo različite probleme iz oblasti opsluživanja nekog toka zahteva, a sam verovatnoće opsluživanja može da analizira niz drugih parametara sistema za opsluživanje.

Zato se postavlja pitanje kako analizirati sistem veza u borbi. S obzirom, da je za nas najvažniji cilj proceniti uticaj neprijatelja na efikasnost sistema veza u borbi i mogućnost povećanja njegove efikasnosti adekvatnim merama protiv-elektronske zaštite, zadovoljićemo se najjednostavnijim prilazom koji pruža mogućnost da se dobiju valjani odgovori na tražena pitanja. Zato našu analizu zadovoljava da se sistem veza u operaciji modeluje kao višekanalni sistem masovnog opsluživanja sa otkazom.¹⁰¹

Komanda jedinice,¹⁰² organizuje veze u borbi sa pretpostavljenom komandom i potčinjenim, sadejstvujućim i učesnicima sa kojima sarađuje u

¹⁰¹ U knjizi „Teorija verovatnoće i telefonski razgovori“ („The Theory of Probabilities and Telephone Conversations“) A. K. Erlanga, objavljenoj 1909. godine, nalaze se počeci teorije masovnog opsluživanja. Povod proučavanju masovnog opsluživanja je grada automatskih telefonskih centrala u Kopenhagenu, početkom dvadesetog stoljeća, a problem je bio: koliki treba da bude kapacitet centrala, a da bude ekonomičan? To znači da je prva primena teorije masovnog opsluživanja bila u sistemu veza. Radovi objavljeni 1928–1932. razvili su ovu teoriju, a njena primena je bila uglavnom u komunikacijama, a tek kasnije će naći primenu i u drugim oblastima. U citiranoj literaturi br. 3 na str. 337, primer 10.13 analizira rad automatske telefonske centrale kao sistem masovnog opsluživanja sa otkazom, tj. računata je verovatnoća opsluživanja prema obrascu (26) ovog rada, srednji broj zauzetih kanala (obrazac 30) i srednje vreme neiskorišćenosti kanala (obrazac 36). U literaturi [61] takođe, koristi se navedeni deo teorije masovnog opsluživanja sa otkazom za analizu efikasnosti sistema veza.

Sistem veza u ovom radu razmatramo kao sistem masovnog opsluživanja sa otkazom, jer nam je cilj da sagledamo dejstva neprijatelja na njega, a cilj neprijateljevog ometanja je STVARANJE OTKAZA (sprečavanje prenosa informacija) i ako je ometanje efikasno on će te otkaze i realizovati. Zavisno od toga koliko će nam kanala veze, i to po vrstama veza, uspeti ometati (staviti ih u otkaz) zavisće verovatnoća opsluživanja (efikasnost rada) sistema veza, tj. toliko će smanjiti njegovu propusnu moć (kapacitet) prenosa informacija. Nema dileme da se sistem veza može razmatrati i putem teorije masovnog opsluživanja sa čekanjem i tzv. mešanog tipa (kada postoji neko ograničenje na vreme ili broj mesta u redu za čekanje), posebno kada bi se analiziralo samo vreme prenosa informacija što nije cilj ovog rada. Tim pre, što se srednje vreme potrebno za prenos definisane količine informacija može dobiti i preko teorije masovnog opsluživanja sa otkazom (biće izneto u daljem tekstu).

Upotreba teorije masovnog opsluživanja sa čekanjem iziskuje uvođenje novih parametara i njihovo poznavanje, kao što su gustina toka izlaska iz reda, odnosno srednje vreme čekanja. Na ove parametre deluju drugi parametri koji su stohastičke prirode i često nisu poznati (npr. vreme – dužina ometanja, efikasnost ometanja i dr.).

U takvim slučajevima odnosi postaju vrlo složeni, pa modeli kod takvih slučajeva nisu više lako rešivi, upotrebljivi i primenjivi.

Nije potrebno dalje obrazlagati da se postojeći sistem veza može posmatrati kao sistem masovnog opsluživanja sa otkazom, što će pokazati i navedeni primeri u ovom radu, a lako je dokazati da se trenutno i naj sofisticiraniji sistem mobilne telefonije ponaša kao sistem masovnog opsluživanja sa otkazom.

¹⁰² Primer je proizvoljan a razmatra se samo prenos pisanih i govornih poruka.

određenom broju kanala veze, u skladu sa svojim formacijskim mogućnostima i mogućnostima korišćenja drugih sistema veza u zoni izvođenja borbenih dejstava. Zavisno od učesnika, veza se organizuje različitim vrstama veze¹⁰³ i različitim brojem kanala veze za telefonski i telegrafski saobraćaj.

Da bi sagledali uspešnost modelovanja sistema veza u borbi putem teorije masovnog opsluživanja, posmatrajmo pojedinačno veze KM jedne jedinice sa njenim učesnicima. Tako je na sl. 6 ilustrovana organizacija veze između KM prepostavljene komande i jedne potčinjene jedinice kao sistem masovnog opsluživanja.

Ovaj sistem karakterišu svi navedeni parametri za sistem masovnog opsluživanja sa otkazom. Verovatnoća stanja sistema određuje se prema formuli Erlanga, odnosno verovatnoća opsluživanja prema formuli (40).

Prema tome verovatnoća opsluživanja, odnosno efikasnost sistema veza određuju se prema:

$$P_{op} = I - p_n = I - \frac{\frac{\alpha^n}{n!}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!}}$$

Međutim, da bi mogli pratiti uticaj neprijatelja na sistem veza u borbi u navedenu formulu uvešćemo novi parametar, a to je spremnost (raspoloživost) sistema veza koja se izražava preko koeficijenta spremnosti (K_s).

Tako formula dobija oblik:¹⁰⁴

$$P_{op} = I - \frac{\frac{\alpha^n}{n!} \cdot \frac{I}{K_s^n}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} \cdot \frac{I}{K_s^k}}$$

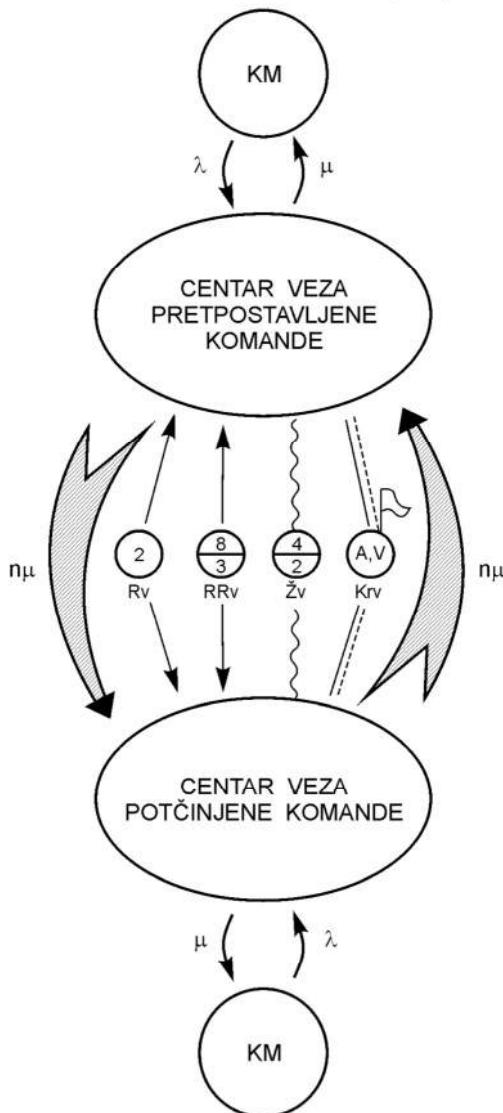
(41)

Napomena: Masovna primena prenosa podataka, koja se definiše bitskom brzinom u sekundi, a realizuje se prema internet protokolima, može se takođe posmatrati kao SMO i to kao jednokanalni sistem sa velikom propusnom sposobnošću (jedan kanal prenosi sumu signala za sve kanale), pa se aproksimativno može definisati: $p_{op} = I - ((\Psi/K_s) / (1 + \Psi/K_s))$ (41/1), gde je Ψ bitska brzina prenosa podataka u sekundi (svih oblika informacija) $\Psi < 0,1$, a K_s je detaljno definisana veličina.

¹⁰³ U analizi se neće razmatrati kurirske veze, jer one ne podležu protivelektronskim dejstvima.

¹⁰⁴ Izvođanje formule u prilogu br. 12.

SISTEM VEZA KAO SISTEM
MASOVNOG OPSLUŽIVANJA (SMO)



Slika 6.

Sada efikasnost sistema veza u borbi možemo analizirati prema kapacitetu (broju kanala), saobraćajnim karakteristikama (odnos količine informacije i propusne sposobnosti kanala veze) koje izražava veličine α , i spremnosti (raspoloživosti) koju definiše koeficijent spremnosti K_s .

Očigledno je da je neophodno detaljnije objasniti šta je to spremnost (raspoloživost) sistema veza.

U teoriji pouzdanosti¹⁰⁵ spremnost (raspoloživost) nekog uređaja veze, odnosno sistema veza je funkcija vremena, a predstavlja odnos ukupnog vremena rada i planiranog rada. U tom cilju je osnovna raspodela kategorije „vremena“ izvršena na dva osnovna moguća stanja sistema veza: operativno vreme (sistem funkcioniše) i neoperativno vreme (vreme zastoja – sistem ne funkcioniše). Vreme zastoja obuhvata: vreme preventivnih i korektivnih akcija, kao i vreme čekanja, a vreme čekanja sadrži vreme odluke (vreme potrebno za donošenje odgovarajućeg rešenja radi otklanjanja zastoja), i logističko vreme (nabavka i dotur materijalno-tehničkih sredstava radi otklanjanja zastoja).

Ukupno operativno vreme (sistem veza radi) sastoji se od sume slučajnih promenjivih intervala vremena t_i , odakle je:

$$T_{op} = \sum_{i=1}^n t_i$$

A ukupno neoperativno vreme (sistem veza ne radi) predstavlja sumu slučajno promenjivih intervala vremena m_i , tako je:

$$T_{no} = \sum_{i=1}^n m_i$$

Spremnost (raspoloživost) iskazuje se preko koeficijenta spremnosti (raspoloživosti), koji je dat izrazom:

$$K_s = \frac{T_o}{T_o + T_r} = \frac{T_{op}}{T} = \frac{T - T_{no}}{T} = I - \frac{T_{no}}{T} \quad (42)$$

gde je:

T_o – srednje vreme rada sistema bez otkaza;

T_r – srednje vreme zastoja sistema, odnosno popravke;

T – ukupno planirano vreme rada.

Vremenski intervali t_i i m_i se uglavnom potčinjavaju eksponencijalnom ili log-normalnom zakonu raspodele.

Za preciznije analize nužno je da se ustanove zakoni raspodele navedenih slučajnih veličina i da se u proračunu operiše njihovim srednjim vrednostima, uz uslov da se prethodno sagledaju vremenski intervali (delovi) ciklusa vremena kada sistem ne radi.

Suština koeficijenta spremnosti može se objasniti sledećim primerom. Neka je kao rezultat ispitivanja dvaju uređaja, iste namene ustanovljeno da je

¹⁰⁵ Ova teorija, takođe je obrađena u velikom broju radova, naših i stranih autora. Ovde su iznete osnove i to u vidu izvoda iz mog magistarskog rada, a na osnovu literature: 7, 16, 36, 43 i 46. Cilj citiranja ove teorije je da se pokaže da je spremnost (raspoloživost) jedan od osnovnih pokazatelja pouzdanosti nekog uređaja (u ovom slučaju elektronskog) ali i celokupnog sistema (u ovom slučaju sistema veza), a može se meriti u praksi i statistički obrađivati (meri se srednje vreme rada bez otkaza, tj. vreme između dva otkaza i srednje vreme zastoja – otkaza sistema). Vidi priloge od 13–29 literature 61.

vreme rada do otkazivanja prvog uređaja dva puta veće nego kod drugog uređaja, a srednje vreme remonta prvog uređaja veće od srednjeg vremena remonta drugog uređaja za 5 puta i iznosi jedan deseti deo rada do otkazivanja:

$$T_{01} = 2 T_{02}$$

$$T_{r1} = 5 T_{r2}$$

$$T_{r1} = 0,1 T_{01}$$

Određivanje koeficijenta spremnosti prvog i drugog uređaja i ocenjivanje eksplotacione pouzdanosti ovih uređaja za vreme t vrši se na sledeći način.

Na osnovu date formule i iznetih odnosa dobija se:

$$K_{s1} = \frac{T_{01}}{T_{01} + T_{r1}} = \frac{T_{01}}{T_{01} + 0,1 T_{01}} = 0,91$$

Analogno sa prvim primerom određuje se:

$$K_{s2} = \frac{T_{02}}{T_{02} + T_{r2}} = \frac{0,5 T_{01}}{0,5 T_{01} + 0,02 T_{01}} = 0,96$$

Ovaj primer pokazuje da je, i pored većeg vremena rada do otkazivanja prvog uređaja, efikasnost korišćenja prvog uređaja manja, jer je duže vreme njegovog stajanja zbog remonta.

Spremnost mreže veza ili određenih spojnih puteva u mreži generalno obuhvata spremnost posmatrane funkcionalne strukture kojom se ostvaruje željena veza. Pri tome, nužno postoji mogućnost pojave slučajnih otkaza pojedinih elemenata ili otkaza funkcija sistema, a usled preopterećenja i zagušenosti saobraćaja, što u oba slučaja utiče na operativnost puteva prenosa informacija. Mera te operativnosti je spremnost koja je ekvivalentna srednjem očekivanom vremenu u kome je elemenat mreže ili sama mreža operativna.

Pri analizi slučajnih otkaza elemenata mreže spremnost zavisi od sopstvene pouzdanosti tih elemenata i od njihove pogodnosti za održavanje. Ako se uzme da je pokazatelj sopstvene pouzdanosti srednje vreme između otkaza (T_0) i pokazatelj pogodnosti održavanja srednje vreme opravke (T_r), onda je raspoloživost elementa mreže kao i posebnog uređaja data izrazom:

$$K_s = \frac{T_0}{T_0 + T_r} = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \quad (43)$$

gde je:

λ – intenzitet otkaza elementa ili uređaja jednak $1/T_0$;

μ – intenzitet opravki jednak $1/T_r$.

Spremnost skupa elemenata mreže serijski vezanih između dve tačke ili dva centra u mreži je kombinovana verovatnoća da su svi elementi serijskog lanca operativni i normalno funkcionišu u trenutku uspostavljanja veze. Elemente mreže čine čvorovi i grane mreže kao matematičke formalizacije centara i spojnih puteva u mreži.

Spremnost skupa serijski vezanih elemenata mreže jednaka je proizvodu spremnosti elemenata i data je izrazom:

$$K_{ss} = \prod_{i=1}^n K_{si}$$

gde je:

K_{ss} – spremnost skupa elemenata;

K_{si} – spremnost elemenata;

n – broj elemenata.

Relacija za spremnost se generalno može odnositi na matematički formalizovan serijski sistem. U tom smislu, mogu se postaviti i rešavati dva tipa zadataka i to:

A) Izračunavanje spremnosti skupa elemenata mreže realno serijski vezanih;

B) Izračunavanje spremnosti skupa elemenata koji realno nisu serijski vezani, već se matematičkom formalizacijom problema svode na skup serijski vezanih elemenata.

U prvu grupu zadatka spadaju zadaci izračunavanja spremnosti skupa elemenata koji pripadaju:

a) jednoj grani mreže sa ili bez centara koje povezuje;

b) skupu centara i grana koji se nalaze na određenoj putanji između dva posmatrana centra;

c) jednom centru ili grani mreže uz uslov serijske veze.

Drugu grupu zadatka čine zadaci određivanja raspoloživosti skupa elemenata koji realno nisu serijski vezani, već se serijska veza prepostavlja formalizacijom samog problema. To su zadaci u kojima se zahteva izračunavanje spremnosti pri uslovu da je posmatrani skup proizvoljno (ne serijski) povezanih elemenata nespreman ako je bar jedan elemenat iz datog skupa sa spremnošću ispod dozvoljenih granica. Ovim se mogu dobiti aproksimativni pokazatelji spremnosti kompleksnijih struktura kao celina, kao što su slučajevi:

a) mreže veza sa manjim brojem elemenata;

b) centar ili spojni put sa skupom uređaja proizvoljne povezanosti.

Izložena metoda serijske veze elemenata mreže veze u suštini je aproksimativna i korisna je u nizu primena za određivanje primarnih, mada ne uvek egzaktnih vrednosti spremnosti skupa elemenata mreže. Metoda je korisna za ocenu spremnosti mreže u fazi projektovanja iste ili njenih delova, u analizi mreža veze u vanrednim uslovima rada, pri analizi uticaja varijacije spremnosti elemenata na globalnu spremnost kroz analizu osetljivosti. Složeniji ali zato egzaktniji postupak je sledeći.

Između dva centra veze u mreži postoji mnogo mogućih puteva pomoću kojih je moguće ostvariti vezu između njih. Svaki od puteva sadrži definisani skup elemenata sistema veza (stanica, centara, čvorista i spojnih puteva veze), koji imaju sopstvenu spremnost i pogodnost za održavanje.

Na osnovu grafika logičke strukture sistema veza zapaža se postojanje tri tipa veze elemenata i to serijska, paralelna i serijsko-paralelna. Matematički izrazi za spremnost u tom slučaju su relativno jednostavni i to su:

(1) Serijska veza elemenata

$$K_{ss} = \prod_{i=1}^{n_s} K_{si} \quad (44)$$

gde je:

- K_{ss} – ukupna spremnost;
- K_{si} – spremnost elementa „ i “;
- n_p – broj serijski vezanih elemenata.

(2) Paralelna veza elemenata

$$K_{sp} = I - \prod_{i=1}^{n_p} (1 - K_{si}) \quad (45)$$

gde je:

- K_{sp} – ukupna spremnost;
- K_{si} – spremnost elementa „ i “;
- n_p – broj paralelno vezanih elemenata.

(3) Serijsko-paralelna veza elemenata

$$K_{ssp} = \prod_{i=1}^{n_s} K_{si} \left[1 - \prod_{i=1}^{n_p} (1 - K_{si}) \right] \quad (46)$$

gde je K_{ssp} ukupna spremnost.

U logističkoj strukturalnoj shemi omogućeno je sagledavanje učešća i značaja elemenata mreže, posebno međacentara (čvorišta), u ostvarenju veze između dva data centra u mreži. Primenom analize osetljivosti moguće je odrediti degradaciju spremnosti puteva u vezi između dva centra pri uslovu varijacije raspoloživosti pojedinih elemenata spojnih puteva, odnosno grana i međacentara. A kao pokazatelj te degradacije alternativno se uvodi pokazatelj važnosti operativnosti međacentara ili parcijalnih puteva i izražava se procentom degradacije spremnosti puteva između dva centra pri stanju potpune operativnosti svih međacentara, odnosno parcijalnih puteva i stanja kada je posmatrani međacentar ili elementarni put nespreman.

Ako se sa $K_{s1,2}$ označi spremnost puteva između centara N_1 i N_2 pri uslovu normalne operativnosti međacentara i parcijalnih puteva, a sa $K_{s1,2}(p_i/N_i)$ spremnost između istih centara N_1 i N_2 u slučaju nezadovoljavajuće operativnosti parcijalnog puta (p_i) ili međacentra (N_i), onda je faktor važnosti parcijalnog puta ili međacentra $f_k(p_i/N_i)$ dat izrazom:

$$f_k(p_i/N_i) = \frac{K_{s1,2}(p_i/N_i)}{K_{s1,2}} \cdot 100\% \quad (47)$$

Postupak izračunavanja spremnosti elemenata mreže u realizaciji veze između dva posmatrana centra mreže obuhvata sledeće:

- a) definisanje i prebrojavanje svih mogućih puteva koji postoje između dva data centra;
- b) definisanje skupa elemenata mreže svakog pojedinačnog puta, odnosno parcijalnog puta i međacentra;
- c) formiranje logičke strukture sheme puteva;
- d) izračunavanje spremnosti parcijalnih puteva i međacentara;
- e) izračunavanje spremnosti svakog mogućeg puta između centara N_1 i N_2 ;
- f) izračunavanje ukupne spremnosti svih puteva između dva data centra N_1 i N_2 ;
- g) određivanje parametara važnosti međacentara ili parcijalnih puteva primenom analize osetljivosti.

Na osnovu iznetog može se zaključiti da koeficijent spremnosti rada (raspoloživost) sistema veza izražava otpornost i elastičnost sistema veza, tj. njegovu sposobnost za rad u svim borbenim uslovima, pa i u uslovima protivelektronskih dejstava protivnika. Zato se može koristiti kao jedan od osnovnih pokazateљa uspešnog – neprekidnog rada sistema veza. Kao funkcija vremena koeficijent spremnosti predstavlja činilac koji značajno utiče na pravovremenost prenosa informacija, a to je jedan od osnovnih kriterijuma efikasnosti rada sistema veza.

Zadatak procene je da se utvrdi u kojoj meri će spremnost sistema veza biti umanjena u borbi zbog neprijateljevih protivelektronskih i protivelektronskih borbenih dejstava.

Ako nam je koeficijent spremnosti jedan od osnovnih pokazatelia efikasnosti rada sistema veza u borbi i ako treba predvideti njegovu vrednost, onda je verovatnoća ometanja sistema veza suprotan događaj, pošto su ispravno i neispravno stanje nespojivi, pa je:

$$K_s = 1 - p_{om}, \text{ ili tačnije } K_s \approx 1 - p_{om}^{106} \quad (48)$$

Međutim, na spremnost (raspoloživost) sistema veza, koju izražava koeficijent spremnosti, sem verovatnoće ometanja utiče i verovatnoća uništenja pojedinih elemenata sistema veza. Analogno prethodnoj relaciji i korišćenjem izraza (23) koeficijent spremnosti je:

$$\begin{aligned} K_s &= 1 - P_{peb}; \quad K_s = 1 - [1 - (1 - p_{om}) \cdot (1 - p_u)] \\ &\boxed{K_s = (1 - p_{om}) \cdot (1 - p_u)} \end{aligned} \quad (49)$$

¹⁰⁶ Iz izraza sledi da je $K_s = 1$ kada nema ometanja ($P_{om} = 0$). Međutim, koeficijent spremnosti skoro nikada nije jednak jedinici, već je najčešće manji od jedan, jer na spremnost sistema veza deluje niz objektivnih i subjektivnih činilaca. Za procenu efikasnosti sistema veza izraz se može prihvatiti kao tačan.

Ovo je temeljna tvrdnja u ovom radu, jer se koeficijent spremnosti identificuje sa verovatnoćom neprekidnog rada, a dati izraz predstavlja sponu između procene mogućnosti neprijatelja i procene efikasnosti sistema veza u borbi.

U prilogu br. 13,¹⁰⁷ za različito opterećenje saobraćaja veze ($\alpha = 0, 1 \div 15$), za različiti broj kanala veze ($n = 1 \div 24$) i koeficijente spremnosti ($K_s = 0, 1 \div 1$), proračunata je verovatnoća opsluživanja (p_{op}) prema formuli (41), koja izražava efikasnost rada sistema veza u borbi.¹⁰⁸

Iz iznetog sledi zaključak

Sistem veza S_v koji se sastoji iz podistema ili elemenata različitih vrsta veza $S_v \in [S_r; S_{rr}; S_z \dots]$ teži da u borbenim dejstvima bude što efikasniji, tj.

$$S_v \rightarrow E_v \rightarrow 1$$

Efikasnost elemenata sistema veza možemo vrednovati preko verovatnoće izvršavanja zadataka (opsluživanja) pojedinih vrsta veza, tj. primera radi verovatnoća opsluživanja radio-veze je zavisna od:

$$P_r = f(n, K_{sr} \text{ i } \alpha)$$

Ukupna efikasnost E_v može se, takođe, aproksimirati ukupnom verovatnoćom (P_v):

$$\boxed{E_v = P_v = 1 - (1 - P_r)(1 - P_{rr})(1 - P_z)\dots} \quad (50)$$

Ovako postavljen analitičko-stohastički model sistema veza u borbi omogućava da se proceni uticaj neprijatelja na sistem veza, tj. da se predvidi njegova efikasnost, izražena preko verovatnoće opsluživanja (p_{op}).

¹⁰⁷ Iste tabele koriste se i za izračunavanje verovatnoće ometanja i uništavanja sistema veza, što je napred već pokazano.

¹⁰⁸ Dokaz da je verovatnoća opsluživanja (P_{op}) valjni kriterijum za izračunavanje efikasnosti sistema veza u uslovima PEB potvrđuje i sledeći izraz, dat u literaturi br. 20, a glasi:

$$P_{peb} = P_{om} \cdot P_{izo} + (1 - P_{om}) \cdot P_{izo}$$

gde je:

P_{peb} – verovatnoća izvršavanja zadataka u uslovima PEB;

P_{om} – verovatnoća ometanja i obmanjivanja sistema veza;

P_{izo} – verovatnoća uspešnog izvršavanja zadataka sistema veza kada uporedo sa korisnim signalom deluju namerne i/ili nenamerne i prirodne smetnje. U navedenom obrascu za ovu verovatnoću date su dve oznake ako je moguće razlikovati nenamerno od namernog ometanja, što najčešće nije slučaj. Pa se zato može koristiti samo jedna oznaka.

Ako P_{izo} zamenimo u izrazu sa P_{op} , a prema obrascu (48), $K_s = 1 - P_{om}$, onda je:

$$P_{peb} = P_{om} \cdot P_{op} + K_s \cdot P_{op}$$

$$P_{peb} = P_{op} (P_{om} + K_s),$$

pošto je na osnovu obrasca (48): $P_{om} + K_s = 1$.

Sledi:

$$P_{peb} = P_{op}$$

gde je $P_{op} = P_v$.

3. PROCENA EFIKASNOSTI SISTEMA VEZA U BORBI

Da bi procenili efikasnost sistema veza u borbi, sem modela sistema veza i detaljnih podataka o vlastitom sistemu veza, posebno o očekivanom opterećenju saobraćaja veze neophodni su zaključci – rezultati procene neprijateljevih mogućnosti elektronskog izviđanja i ometanja sistema veza, odnosno uništavanja elemenata sistema veza. Celokupni postupak ilustrovaće se na sledećem primeru.

1) Podaci o organizovanom sistemu veza u borbi

O vlastitim snagama neophodno je poznavati što više podataka, a pre svega: organizaciju žičnih veza, RRv, Rv VF i VVF/UVF, kao i svih ostalih vrsta veza koje se organizuju (ako se raspolaže troposferskim i eventualno satelitskim vezama), i naravno organizaciju kurirskih i signalnih veza; taktičko-tehničke karakteristike svih uredaja veze; detaljno poznавање vojnog stacionarnog sistema veza i druge sisteme veza na teritoriji borbenih dejstava; tehnologiju postavljanja i norme za postavljanje i premeštanje pokretnih centara, čvorišta i spojnih puteva veze i njihovo povezivanje sa stacionarnim elementima veza; poznавање taktike veze i načela organizovanja veze prema različitim učesnicima, tj. elementima borbenog rasporeda; poznавање osobina zemljišta gde se izvode borbena dejstva, a posebno uticaj na održavanje bežičnih veza (provodnost i dielektrička konstanta zemljišta), rastojanje između učesnika sa kojima je neophodno organizovati veze, prohodnost terena, mogućnosti inžinjerijskog uredaja i maskiranja i dr.; mogućnosti organizovanja pozadinskog obezbeđenja, odnosno logistike; kvalitet ljudstva (obučenost, moral i ostale psihofizičke osobine). Sigurno je da ovim, opisom nisu iscrpljeni svi podaci o vlastitim snagama, ali je istaknut najznačajniji deo.

Da bi raspolagali osnovnim podacima, koji su nam neophodni u prikazu procene borbene situacije, kao primer pretpostavićemo da u zoni borbenih dejstava naše snage imaju organizovano: 250 Rv VF, 1300 Rv VVF i 45 RRv. Stacionarna komponenta raspolaže sa 18 SCV, 7 SČv i oko 2500 km različitih kablovske vodova, a pokretni sistem je razvio oko 100 elemenata sistema veza. Od toga 70 RC. Svi ostali detalji iz plana veze su nam poznati.¹⁰⁹

Da bi se mogla analizirati efikasnost sistema veza u borbi, između ostalog, neophodno je poznavati i opterećenje saobraćaja veze, gde na prvom mestu

¹⁰⁹ Broj učesnika, razmešaj, sve podatke plana veze, posebno broj kanala veze, po vrstama veze i planirano, odnosno neophodno vreme rada sa svakim učesnikom.

dolazi količina informacija¹¹⁰ koja cirkuliše između komandi. U borbenim dejstvima to je promenljiva veličina i zavisi od niza faktora.

Međutim, na osnovu statističke obrade podataka, sa raznih vežbi, mogu se orijentalno sagledati količine različitih informacija. Primer analize količine informacija dat je u prilogu br. 19.¹¹¹

Ovi podaci mogu se koristiti za planiranje i organizovanje potrebnog broja kanala veze prema učesnicima, tj. pri predviđanju potrebne propusne moći sistema veza odgovarajuće komande u borbi.

Najveća količina informacija cirkuliše u periodima redovnog izveštavanja, pa se ovi periodi mogu tretirati kao časovi najvećeg (glavnog) opterećenja saobraćaja veze. Na komandnim mestima treba primiti izveštaje od velikog broja učesnika. Poznavanje ove količine informacija je izuzetno značajno za organizovanje sistema veza. Ovim periodima maksimalnog opterećenja saobraćaja veze nužno je posvetiti posebnu pažnju. Može se organizovati, da se izveštavanje obavlja zavisno od elementa operativnog rasporeda u različita vremena. „Usko grlo“ najčešće neće biti broj kanala veze, već kriptoobrada na CV operativne komande.

Dužina telegrama direktno utiče na vreme njegovog prenosa. Ovde se često javlja raskorak između želje da se korisniku da što veći obim informacija i problema njegovog prenosa. Komande i ostali izvori informacija moraju da vode računa o obimu zapovesti, naredjenja, izveštaja i dr, tj. treba da budu što manjeg obima kako bi se što brže mogla preneti sredstvima veze, ali da informacije ne izgube na kvalitetu i jasnoći. Dužina telegrama ne bi smela biti veća od jedne stranice A-4. U oko 85% slučajeva dužina telegrama iznosi od 1 stranice A-4, a srednja prosečna dužina 0,7 stranica A-4. U telefonskom saobraćaju prosečna dužina razgovora je 3 minuta. Broj razgovora po učesniku u toku dana iznosi oko 5, a u periodu glavnog (najvećeg) opterećenja saobraćaja veze oko 3.

Opterećenje saobraćaja veze izražava veličina α :¹¹²

¹¹⁰ U ovom radu kao mera za količinu pisane informacije poslužiće stranica papira A-4 (210×297 mm) na kojoj se pisaćom mašinom može u proseku otkucati 2 000 znakova. Za govorne informacije kao mera služiće prosečan razgovor u trajanju od 3 minuta, koji je ekvivalentan stranici A-4. Navedene mere su uslovne, a biće detaljnije obradene u poslednjem poglavljju.

¹¹¹ Navedeni podaci su rezultat statističke obrade reprezentativnih uzoraka, a prezentirani su u autorovom magistarskom radu (litertura 61). Kao primer uzete su komande i jedinice koje su dugo egzistirale u našim OS, i za njih postoji dovoljno statističkih podataka (analizirane su samo pisane i govorne informacije).

¹¹² U proračunu verovatnoće izvidanja i ometanja koristi se veličina koja je definisana kao:

$$\rho = \frac{I}{\alpha} = \frac{t_p}{t_s}.$$

Obe veličine izražavaju saobraćajno opterećenje, ali posmatrano sa različitih strana (neprijatelja i vlastitih snaga).

$$\alpha = \frac{t_s}{t_p}$$

gde je:

t_s – srednje vreme prenosa informacija,

t_p – srednje vreme između dva dolaska informacija.

Kreće se u borbenim dejstvima za pisane informacije do 10 ($\alpha = 5 \div 10$), a kod govornih informacija do 6 ($\alpha \leq 6$).

Svi navedeni podaci odnose se na vlastitu organizaciju RiK, sistem veza i teritoriju, pa poznavanje tog stanja predstavlja polazni aksiom.

Pretpostavimo da se borbena dejstva izvode u početnom periodu rata, gde se ne očekuje upotreba N -oružja u leto, na ravničarskom i brdsko-planinskom zemljištu.

2) Procena potencijalnog neprijatelja

(1) Da bi izveli procenu uticaja snaga za PEB neprijatelja na sistem veza potrebno je *poznavati* ili *proceniti* sledeće podatke o neprijatelju: broj prijemnih stanica VF, VVF i UVF (RR) opsega; broj goniometarskih mreža VF, VVF i UVF (RR) opsega; broj ometača VF, VVF i UVF (RR) opsega; taktičko-tehničke karakteristike svih uređaja – stanica; razmeštaj svih stanica (borbeni raspored) i način (metod) izvršavanja zadataka (širina frekventnog opsega koja se prati, način goniometrisanja i metode ometanja (sa kojim koeficijentom ometanja ometa različite vrste rada i dr.); pokretljivost snaga za PEB (koliko ih je na vozilima, transporterima, helikopterima ili avionima); koliko planira i koristi snage za PEBD i koje su to mogućnosti artiljerijsko-raketnih jedinica, avijacije, specijalnih snaga i dr. snage u dejstvima po KM i elementima sistema veza; popunjenošt ljudstvom i kvalitet i obučenost ljudstva; poznavanje doktrine, odnosno taktike snaga za PEB u izvršavanju zadataka.

Navedeni podaci su često nedovoljno poznati, pa čak nekada i potpuno nepoznati. Zato procena ovih snaga iziskuje veliko umeće i predviđanje. U zoni borbenih dejstava u odbrambenoj operaciji u početnom periodu rata na težištu borbenih dejstava, mogu se očekivati sledeće snage za EI i PED:¹¹³

a) Snage fronta (deo ovih snaga):

- puk za EI (RI) radio- i radio-relejnih veza;
- puk za PED za ometanje radio- i radio-relejnih veza, i
- helikopterska eskadrila za PED, za ometanje radio-relejnih veza.

b) Snage opšte-vojne armije (OVA):

¹¹³ Kao primer su uzete proizvoljne snage, jer je za prikaz tehnologije procene protivnik potpuno irelevantan. Razmatrane su samo snage za EI i PED, koje bi „dejstvovale“ na sistem veza. Organizaciono-formacijska struktura jedinica je jednonamenska.

- bataljon za EI (RI) radio- i radio-relejnih veza;
- bataljon za PED za ometanje radio- i radio-relejnih veza, i
- helikoptersko odeljenje za PED, za ometanje radio-relejnih veza.

c) Snage divizija KoV:

- četa za EI, i
- četa za PED za ometanje radio-veza.

d) Vazduhoplovne snage:

- bataljon za PED, za ometanje avionskih radara i radio-veze avijacije, i
- helikopterska eskadrila za ometanje radio-veza avijacije.

e) Ostale tzv. stacionarne snage, a pre svega snage za EI i PED iz kosmosa, odnosno na satelitima.

Navedene snage imaju sledeća *procenjena sredstva*, tj. u zoni borbenih dejstava biće angažovano oko:

- 140 prijemnih stanica VF opsega,
- 76 prijemnih stanica VVF opsega,
- 54 prijemne stanice UVF opsega (radio-relejne veze),
- 11 goniometarskih mreža VF opsega,
- 11 goniometarskih mreža VVF opsega,
- 48 omotača VF opsega,
- 24 omotača VVF opsega,
- 28 omotača UVF opsega (radio-relejnih veza).

(2) Naredni zadatak procene je određivanje daljine izviđanja. Ako je provodnost zemljišta $\sigma = 3 \times 10^{-3}$ [S/m], a dielektrička konstanta $\epsilon = 15$ (za leto i zemljište napred zadato), a da bi radio-prisluškivač čuo emisiju, jačina korisnog signala na mestu prijema treba da bude 10 [$\mu\text{V}/\text{m}$], odnosno 20 dB¹¹⁴, tada je daljina izviđanja površinskom komponentom:

- za predajnike od 1 kW, koji rade u opsegu od 2–5 MHz
 $D_i = 70\text{--}130 \text{ km};$
- za predajnike od 400 W, koji rade u opsegu od 5–15 MHz
 $D_i = 30\text{--}50 \text{ km};$
- za predajnike od 100 W, koji rade u opsegu od 5–15 MHz
 $D_i = 22\text{--}44 \text{ km}, \text{ i}$
- za predajnike od 20 W, koji rade u opsegu od 5–15 MHz
 $D_i = 17\text{--}30 \text{ km}.$

Izračunavanje daljine izviđanja prostornom komponentom ovde nije neophodno, jer je već pokazana mogućnost proračuna verovatnoće izviđanja na određenoj daljini za svaku radnu frekvenciju. Međutim, sigurno je da neprijatelj može da izviđa radio-veze prostornom komponentom u celoj zoni borbenih

¹¹⁴ Potreban nivo signala na mestu prijema može se računati na različite načine uzimajući u obzir nivo šuma na mestu prijema ili neophodan odnos zaštite za različite vrste rada, i drugo.

dejstava.¹¹⁵ Za radio-veze VVF i UVF opsega može se lako izračunati daljina izviđanja direktnih talasa pomoću obrasca (3).

(3) Da bi odredili verovatnoću izviđanja neophodno je, sem procene angažovanih snaga za EI (RI), poznavati i način rada prislušnih centara i grupa protivnika, način razmeštaja (borbeni raspored), i drugo. Posebno je značajno proceniti (ili poznavati) sa koliko prijemnih stаница može „pokrivati“ (izviđati) isti frekventni opseg i koliko je on širok. Ako neprijatelj izviđa opseg od 2–15 MHz, sa jednom prislušnom stanicom, odnosno sa jednim prijemnikom ($i = 1$) i ako je prisutnost naših radio-veza u eteru (intenzitet rada) srednja ($\rho = 1$), onda je verovatnoća izviđanja $P_i = 0,5$ (računata prema teoriji masovnog opsluživanja). Ako ceo opseg izviđa sa 2 prijemnika, povećavaju mu se angažovane snage, a verovatnoća izviđanja za date uslove će biti $P_i = 0,8$. Međutim, smanjenjem opsega izviđanja svakoj prislušnoj stanci (radnom mestu) verovatnoća izviđanja, takođe, mora biti veća, ali je sada u užem frekvencijskom opsegu i manja prisutnost naših veza u eteru, tj. $\rho > 1$.

S obzirom da se u prvoj fazi izvođenja operacije radio-veze po mogućnosti što manje koriste sve dok ostale vrste veza zadovoljavaju potrebe realna je, u našem primeru, procena da će se verovatnoća izviđanja za radio-veze VF opsega kretati od 0,5–0,8, ali će u narednim fazama izvođenja operacije ona biti sigurno veća.

Za radio-veze VVF opsega očekuje se od samog početka izvođenja operacije veliki intenzitet rada ($\rho \geq 0,1$), pa će verovatnoća izviđanja biti velika ($P_i \geq 0,9$). Takav zaključak važi i za verovatnoću izviđanja radio-relejnih veza, uz uslov da je obezbeđena radio-vidljivost. Međutim, ovde treba naglasiti da će i pored velike verovatnoće izviđanja radio-veza VVF opsega i radio-relejnih veza neprijatelju biti otežano praćenje ovih veza, jer raspolaze malim snagama u odnosu na broj organizovanih veza.

(4) Zato je procena broja radio-veza koje će biti izviđane, naredni značajan zadatak. Na osnovu daljine izviđanja odredili smo da se u zoni izviđanja površinskom komponentom nalazi oko 100^{116} radio-veza VF opsega ($N = 100$). Za izviđanje ovih veza neprijatelj može da angažuje snage, prema proceni, oko 140 prislušnih stаница ($i = 140$). Prepostavimo da sve prislušne stанице neće moći jednovremeno izviđati (neka je $i_u = 10$), neka je pouzdanost prislušnih stаница velika ($p_i = 0,90$), verovatnoću izviđanja smo izračunali ($p_i = 0,8$), a broj ostalih radio-veza u zoni izviđanja (pripadaju sistemu veza RV i PVO i drugih) je, takođe, značajan ($L = 20$). Prema obrascu (7), srednji broj radio-veza koje će biti izviđane je 73 ($N_i = 73$).

¹¹⁵ Izborom frekvencije moguće je u određenim uslovima otežati ili sprečiti RI.

¹¹⁶ Ovo je 40% od ukupnog broja radio-veza (250), jer je prosečna $D_i = 80$ km, a to je 40% od 200 km koliko iznosi dubina zone armije. U konkretnoj situaciji može se ucrtati daljina i zona izviđanja na radnoj karti, a zatim tačno izbrojati, koje se sve radio-veze nalaze u njoj.

Na adekvatan način obavlja se procena za VVF radio- i radio-relejne veze.

(5) Procena radio-goniometrisanja sastoji se u sledećem: procena daljine (dubine) goniometrisanja $D_g \approx D_i$, pa je $D_g = 80$ km; verovatnoća goniometrisanja je prema obrascu (8) jednaka $p_g = 0,8^{1,5} = 0,7$, a broj stanica koji će biti goniometrisan prema obrascu (9) je $N_g = 255$, jer je $N_i = 73$, $N_s = 5$, i $p_g = 0,7$.

S obzirom da se goniometrisanje obavlja na većoj dubini od $B/2$, očekuje se da će tačnost goniometrisanja biti 3° i više.

(6) U daljem procesu procene treba proračunati daljine ometanja. Ako proračunamo neprijateljeve mogućnosti selektivnog ometanja, površinskom komponentom, sa ometačima od 1 i 5 kW, u odnosu na naše predajnike od 100 i 400 W, a omota sa koeficijentom ometanja 2 ($K_0 = 2$), onda su mu mogućnosti, prema obrascu (10), sledeće:

Rastojanje između stanica u vezi D_s (km)	$P_0 = 1000$ W		$P_0 = 5000$ W	
	$P_S = 100$	$P_S = 400$	$P_S = 100$	$P_S = 400$
	Daljina ometanja (D_0) u km			
30	45	32	66	48
40	60	42	88	64
50	75	53	110	80
60	90	63	132	96

Očigledno je da daljina ometanja značajno zavisi od rastojanja između stanica (učesnika) u vezi. U borbenim dejstvima rastojanje između učesnika će biti promenjiva kategorija, pa će se menjati i daljina ometanja, ali i koeficijent ometanja, pa je zato u proračunu uzeta njegova verovatna maksimalna vrednost.

Zato je realna procena da će daljina ometanja u proseku iznositi oko 40 km za VF radio-veze, a za VVF još manje, uz uslov da postoji radio-vidljivost. Već smo ranije konstatovali da se u zoni do 40 km od prednjeg kraja nalazi oko 50 radio-veza VF opsega.

(7) Za procenu verovatnoće ometanja radio-veza u VF opsegu poznat je već deo parametara ($p_i = 0,8$ i $\rho = 1$), a ukupan procenjeni broj ometača sa kojima neprijatelj raspolaže je 48 ($m = 48$). Poznato je da se u VF opsegu obavlja selektivno ometanje, tj. jedan ometač ometa jednu radio-vezu. U tom slučaju je $m = 1$. Može se pretpostaviti da će neprijatelj u određenim uslovima ometati pojedine radio-veze i sa dva i više ometača, kada proceni da je to celishodno, kada je sprečavanje održavanja procenjene radio-veze od izuzetnog značaja. Za date uslove prema obrascu (14) i prilogu br. 13, verovatnoća selektivnog ometanja VF radio-veza površinskom komponentom iznosiće 0,444 ($P_{om} = 0,444$). Ako bi ometanje jedne radio-veze obavljao sa dva ometača, verovatnoća ometanja bi iznosila 0,742 ($P_{om} = 0,742$).

(8) Sada je potrebno još odrediti srednji broj radio-veza koje će biti ometane. Deo parametara je poznat, kao što su: broj radio-veza koje treba ometati (N

$= 50$), broj ometača ($m = 48$), verovatnoća izviđanja ($P_i = 0,80$), koeficijent ometanja ($K_0 = 1$), a ostale parametre treba proceniti. Uzmimo da je: srednji broj ometača koji neće moći ometati $m_u = 2$, verovatnoća tehnički ispravnog funkcionisanja ometača $p_t = 0,90$, verovatnoća ometanja na različitom zemljištu $P_{zm} = 0,90$, a broj ostalih radio-veza u zoni $L = 20$. Prema obrascu (16), srednji broj radio-veza koje će biti ometane u borbi je 24,5 ($N_0 = 24$).

(9) Očigledno da procena uticaja neprijatelja na sistem veza u borbi nije završena. Razmatrali smo njegove mogućnosti izviđanja i ometanja, a potrebno je razmotriti i uticaj fizičkog uništavanja elemenata sistema veza. U teorijskom delu naznačena je mogućnost proračuna efikasnosti sistema veza u uslovima njegovog fizičkog narušavanja pomoću teorije masovnog opsluživanja. Ta mogućnost će se ilustrovati na još jednom primeru.

Analizirajmo verovatnoću uništenja centra veze (P_u) po kome dejstvuje artiljerijska jedinica sa tri vatrena udara, tj. $u = 3$, a verovatnoća otkrivanja elemenata sistema veza je $*p_i = 0,5$, za različito vreme rada t_s , odnosno prekida rada t_p (vreme u kome se elemenat sistema veza kreće – premešta ili primenjuje radio-ćutanje).

Rezultati su izračunati na osnovu priloga br. 13.

		Vreme prekida rada u časovima		
		t_p	1	2
Vreme rada u časovima t_s	1	0,789	0,549	0,410
	2	0,938	0,789	0,669
	3	0,980	0,881	0,789

Da bi sistem veza bio što efikasniji treba da je duže u radu i da ima više organizovanih veza, ali će u tom slučaju duže vreme biti izložen dejstvima PEVD, pa je i verovatnoća uništenja veća. Zato treba analizirati različite varijante organizacije veze sa više alternativnih centara i spojnih puteva i na osnovu takve procene realizovati što povoljniju varijantu.

Sem iznetog primera, procenu mogućnosti neprijatelja u PEVD moguće je proširiti proračunom srednjeg broja uništenih ciljeva borbenim sredstvima ali i uticajem nuklearnog oružja, kada se koristi i dr. Pošto naš zadatak nije kompleksna i konkretna procena, već metoda procene, smatramo da su navedeni primeri dovoljno indikativni za zaključivanje.

3) Zaključci iz procene

(1) Na kraju potrebno je zaključiti sa kakvom će efikasnošću raditi radio-veze VF opsega, koje će po proceni biti ometane. Konstatovali smo da je verovatnoća ometanja $P_{om} = 0,444$. Tada je prema obrascu (48) koeficijent spremnosti $K_s = 0,556$. Radio-veze VF opsega u našem primeru održavaju se u

jednom kanalu, pa je $n = 1$, a saobraćajno opterećenje $\alpha = 1$. Prema obrascu (41) i prilogu br. 13 verovatnoća opsluživanja, odnosno efikasnost ometanih radio-veza, je $0,359$ ($P_{op} = 0,359$). Sigurno je da proračunata, tj. procenjena efikasnost ometanih radio-veza neće zadovoljiti pravovremenost i kvalitet prenosa informacija. Tako se na primer, verovatnoća pravovremenog prenosa informacija (W_i) može izračunati prema obrascu:¹¹⁷

$$W_i = \frac{t_0}{P_v} = \frac{t_0}{P_{op}} \quad (51)$$

gde je:

t_0 – optimalno vreme (norma) za koje može da se prenese definisana količina informacija, i

p_v – verovatnoća da će informacija biti pravovremeno preneta odgovarajućom vrstom veze. U našem slučaju ova veličina se može aproksimirati sa verovatnoćom opsluživanja, a koeficijent spremnosti (K_s), se može meriti na komandno-štabnim i svim taktičkim vežbama, jer je on neophodan za izračunavanje verovatnoće opsluživanja (P_{op}).

Ako se u obrazac (51) unese verovatnoća opsluživanja (koju smo proračunali za RvVF) kao aproksimativna vrednost, dobiće se da je:

$$W_i = 2,8 \cdot t_0$$

Rezultat pokazuje da će u uslovima, kada je efikasnost radio-veza mala ($P_{op} = 0,359$) biti potrebno 2,8 puta duže vreme za prenos definisane količine informacija.¹¹⁸

Kako povećati efikasnost radio-veza koje će biti ometane, obradićemo u sledećoj glavi.

Konačni zaključci treba da obuhvate analizu efikasnosti po vrstama veza, gde se očekuje ometanje i analiza efikasnosti po vrstama veze gde se očekuje narušavanje. Moguće je da neke vrste veza (na primer radio-relejna) bude ome-

¹¹⁷ Dokaz u literaturi 61.

¹¹⁸ Teorijske postavke iz teorije masovnog opsluživanja sa otkazom proveravao sam u praksi, i to na raznim taktičkim vežbama, ali i u svakodnevnoj praksi prateći rad stacionarnog dela sistema veza. Na komandno-štabnim vežbama merio sam empirijski koeficijent spremnosti, ali i opterećenje telegrafskog saobraćaja koje se kretalo u granicama $\alpha = 5 \div 10$ i telefonskog saobraćaja, koje je u časovima najvećeg operećenja iznosilo $\alpha \leq 6$. Tako, na primer, za telegrafsko saobraćajno opterećenje $\alpha = 6$, za četiri kanala veze ($n = 4$), i neprekidnost veza oko 0,95, tj. $K_s = 0,95$, verovatnoća opsluživanja je $P_{op} = 0,5$. Zato je za prenos telegrama bilo neophodno dva puta više vremena od normiranog. Kada se primeni obrazac (51), tada je:

$$W_i = \frac{t_0}{P_{op}}, \text{ te je za } P_{op} = 0,5, W_i = 2 t_0$$

Statističkom obradom podataka sa velikog broja vežbi (za višegodišnji period) ovi proračuni se potvrđuju i mogu se tretirati kao validni podaci.

tana i fizički narušavana, pa će u tom slučaju efikasnost takve veze biti umanjena, sem za efikasnost ometanja i za efikasnost fizičkog narušavanja. Primer procene radio-veze VF opsega u celini dat je u prilogu br. 20.

Ako rezultati procene pokažu da će u borbenim dejstvima sistem veza izvršavati zadatke sa niskom efikasnošću neophodno je, u procesu planiranja, organizovanja, realizovanja i korišćenja sistema veza, „ugraditi“ i odgovarajuće mere protivelektronske zaštite. Na taj način stvaraju se realne pretpostavke da sistem veza u borbi dejstvuje što efikasnije. Procena postupaka za povećanje efikasnosti rada sistema veza su predmet našeg daljeg razmatranja.

Već je napomenuto da se procena efikasnosti sistema veza mora obaviti po vrstama veze (nećemo analizirati kurirske i signalne veze), te na taj način dobijemo ukupnu procenu efikasnosti sistema veza u borbi, koje se može posmatrati u različitim vremenskim periodima. Najčešće ova procena neće moći biti potpuno egzaktna, tj. da svi rezultati budu proizvod matematičkih proračuna. Zato će se negde morati pribeti klasičnoj proceni npr. koliko će biti narušene žične veze u nekom vremenskom periodu ili delovi pokretnih elemenata sistema veze, jer je teško tačno proceniti sa koliko će i kojih borbenih sredstava protivnik dejstvovati po otkrivenim elementima sistema veza.

(2) Koji su to elementarni „ulazni podaci“, a šta se dobija kao proizvod upotreboom obradene procene (metoda efikasnije procene borbene situacije), tj. šta su „izlazni podaci“ pokazaćemo u narednom primeru.

Naše snage imaju na ratištu razvijen sistem veza sledećih parametara: 160 RMr VF, 1200 RMr VVF, 80 RRV i žične veze sa svim potčinjenim jedinicama. Broj kanala po učesnicima je sledeći: Rv VF u 2, Rv VVF po 1, RRV po 8 i Žv po 2 kanala veze. Navedeni sistem veza opslužuje oko 102 elementa sistema veza (PdRC – 18, Čv/RRC – 24, CV – 60 i žične linije su podzemni kablovi, a deo vazdušni vodovi). Očekivano saobraćajno opterećenje veze je zavisno od faze borbenih dejstava u granicama $\alpha = 0,5 \div 5$, a pokretljivost elemenata $*\rho = 1 \div 2$. Srednje rastojanje između učesnika u Rv VF je oko 40 km. Srednji broj RSt u Rv VF je 4, u Rv VVF 6, a u RRV 2. Pretpostavimo da su sledeći parametri: $p_t = p_m = p_{zm} = 1$ i nema organizovanih lažnih veza ni elemenata sistema veza ($L = L' = 0$).

Snage neprijatelja (protivnika) za PEB procenjene su na oko 4 bataljona za EI i PED (kao primer je uzeto organizacijsko-farmacijska struktura višenamenskih jedinica). Procenjene mogućnosti su sledeće: prate 80 Rv VF, 180 Rv VVF i 24 RRV i goniometrišu oko 140 RSt/h VF/UVF (razvijaju 8 RGMr VF/VVF i 4 RGMr VVF/UVF) i ometaju 50 Rv VF, 100 Rv VVF i 20 RRV, a za PEBD procenjene su snage: 1–2 divizionala artiljerije, 1 baterija raketa Z-Z i 1 skvadron LBA. Očekuje se da po PdRC dejstvuje sa 9 aviona ($u = 9$), po CV sa po 10 aviona i art. oruđa ($u = 20$), a po Čv (RRC) sa 6 lansera raketa Z-Z ($u = 6$). Procenjeno je takođe, da će vršiti praćenje jedne veze sa 1 uređajem ($i = 1$), ometati veze sa jednim ometačem ($m = 1$), sa koeficijentom omelanja $K_0 =$

$1 \div 2$, a PEBD sa po dva sredstva po cilju. Pošto razmatramo početak borbenih dejstava nema uništenih prijemnih, omotačkih i borbenih sistema ($i_u = m_u = u_u = 0$).

Navedene podatke možemo nazvati „ULAZNI PODACI“.

Kada se proračunaju srednje vrednosti daljine izviđanja, ometanja i uništavanja može se konstatovati sledeće: u zoni izviđanja RvVF (prosečno 80 km) nalaziće se oko 80 Rv VF; u zoni izviđanja RvVVF (prosečno oko 40 km) nalazi se oko 400 Rv VVF, a u zoni izviđanja RRv (prosečno oko 40 km) 24 RRv; u zonama ometanja koja za RvVF iznosi 60 km biće oko 50 Rv, za VVF iznosi 20–40 km, gde se nalazi oko 300 Rv, a za RRv zona ometanja je oko 40 km, gde se nalazi 12 RRv. Zona uništenja je cela dubina naših snaga (oko 150 km), odnosno jedinica koje razmatramo. Opis izračunavanja svih navedenih „daljina“ dat je u prethodnim primerima u knjizi.

Kompletna procena (bez prikaza daljina izviđanja, ometanja i uništenja) prikazana je na priloženoj tabeli. Da bi procenili efikasnost sistema veza bilo je neophodno prethodno proceniti mogućnosti neprijateljevih snaga. Podaci u tabeli mogu se tretirati kao „IZLAZNI PODACI“, a dati tabelarni prikaz kao jedan od mogućih prikaza ovih podataka.

Da bi tabelarni prikaz bio jasniji, navećemo matematičke formule i tabele na osnovu kojih su oni izračunati, tj. to je u stvari opis *metoda efikasnije procene borbene situacije*, koji ova knjiga nudi.

Pođimo od *snaga PEB*: za izračunavanje verovatnoće izviđanja (p_i) korišćena je tabela (prilog 8) uz poznavanje parametara ρ i $i = 1$; srednji broj izviđanih veza (N_i) izračunava se putem obrasca br. 7, (p_i) smo izračunali a ostali parametri su dati u ulaznim podacima; verovatnoća goniometrisanja (p_g) računa se po formuli 8, sa napomenom da je korekcioni faktor za Rv VF veze iznosi $g = 1,5$, a za VVF $g = 2$; broj radio-stanica koje će biti goniometrisane (N_g) izračunat je prema obrascu 9; verovatnoća ometanja (p_{om}) putem formule 14 i tabele (prilog 13), a poznati su (p_i) i $m = 1$; srednji broj ometenih veza (N_o) formula 16, a svi ostali parametri su poznati; za verovatnoću izviđanja elemenata sistema veza ($*p_i$) koristi se prilog 13, a poznati su ($*\rho$) se očitava kao ρ i $u = 1$; za verovatnoću uništenja (p_u) koristi se formula 18 i tabela 13, a poznati su $*p_i$ i $u = 2$; srednji broj uništenih elemenata sistema veze (N_u) daje nam formula 19, a borbena sredstva (u), koja će dejstvovati po otkrivenim PdRC, CV i Čv (RRC), procenjena su i data u ulaznim podacima; žične veze su slobodno procenjene; efikasnost snage PEB po vrstama veza računata je putem formule 23, a za Žv efikasnost PEB izračunata je putem formule: $E_{PEB(\bar{Z}v)} = P_{u(\bar{Z}v)}$.

Procena efikasnosti sistema veza obavljena je na sledeći način: koeficijent spremnosti (K_s) dobija se iz izraza 49, jer je $K_s = 1 - E_{PEB}$ (po vrstama veza); zatim se računa E_v po vrstama veza putem tabela (prilog 13), a poznati su α , K_s i n ; zajednički koeficijent spremnosti za ceo sistem veza računa se prema formuli

54, a ukupna efikasnost sistema veza prema formuli 50 ili 53; u tabeli na kraju date su i srednje vrednosti izviđanih, ometenih i uništenih elemenata sistema veza, koji se mogu koristiti kao određeni pokazatelji. Očigledno je i to da je negde potrebno vršiti (aproksimaciju) ili određena predviđanja – anticipaciju da bi se dobili potrebni rezultati za procenu.

PROCENA EFIKASNOSTI SISTEMA VEZA

Vrsta veze i broj kanala	Intenzitet saobraćaja $\rho = \frac{I}{\alpha}$	Izvidanje		Goniometrisanje		Ometanje		Uništavanje				E_{PEB}	Sistem veza	
		P_i	$\frac{N_i}{\%}$	P_g	$\frac{N_g}{\%}$	P_{om}	$\frac{N_o}{\%}$	Objekat broj	Intenzitet * ρ (pokretljivost) * p_i (verovatnoća)	P_u	$\frac{N_u}{\%}$		K_s	E_v
Rv VF $n = 2$	Mali $\rho = 2$ $\alpha = 0,5$	0,33	$\frac{26}{32,5\%}$	0,2 $g = 1,5$	$\frac{21}{20\%}$	0,15	$\frac{17}{34\%}$	Pd RC 18	* $\rho = 2$ * $p_i = 0,33$	0,3 $u=2$	$\frac{3}{17\%}$	0,4	0,6	0,84
Rv VVF $n = 1$	Srednji $\rho = 0,5$ $\alpha = 2$	0,67	$\frac{160}{40\%}$	0,45 $g = 2$	$\frac{432}{45\%}$	0,57	$\frac{90}{30\%}$	CV 60	* $\rho = 2$ * $p_i = 0,33$	0,3 $u=2$	$\frac{6}{10\%}$	0,7	0,3	0,07
RRV $n = 8$	Srednji $\rho = 0,5$ $\alpha = 2$	0,67	$\frac{16}{67\%}$	0,67 $g = 1$	$\frac{21}{66\%}$	0,57	$\frac{10}{83\%}$	Čv(RRC) 24	* $\rho = 1$ * $p_i = 0,5$	0,6 $u=2$	$\frac{5}{21\%}$	0,83	0,17	0,66
Žv $n = 2$	Srednji $\rho = 0,5$ $\alpha = 2$							Žične linije vazdušne	* $p_i = 0,8$ SLOBODNA	0,6 PRO	20% CENA	0,6	0,4	0,32
Sistem veza	Srednje vrednosti	0,56	46%	0,44	44%	0,43	49%		* $p_i = 0,49$	0,45	16,8%	0,7	0,86	0,97

NAPOMENA: Vrednosti N_i i N_o računata su prema broju sredstava u zoni izvidanja, odnosno ometanja. Parametri α , odnosno ρ su srednje vrednosti telefonskog i telegrafskog saobraćaja, jer su digitalne veze transparentne za sve oblike informacija. Sva ometanja obavljaju se ometačima sa zemlje. *

Analizom podataka u tabeli može se zaključiti da će sistem veza u datim uslovima zadovoljiti potrebe RiK, jer je ukupna efikasnost sistema veza $E_v = 0,97$, a najkritičnije su Rv VVF gde bi trebalo tražiti rešenje za povećanje njihove efikasnosti. Međutim pogledajmo šta bi se dogodilo sa Rv VF ako se poveća saobraćaj preko njih na $\alpha = 5$ pa je $\rho = 0,2$. U tom slučaju vrednost bi bile sledeće: verovatnoća izviđanja bi se povećala na $p_i = 0,83$, broj izviđanih veza bi bio $N_i = 66$ ili 82,5%, verovatnoća goniometrisanja bi bila $p_g = 0,76$, a $N_g = 201$ radio-stanica (ili aproksimativno bilo bi otkrivena 50 radio-mreža), verovatnoća ometanja takođe se povećava na $p_{om} = 0,8$, a $N_o = 42$ ili 80%, otkrivanje elemenata sistema u ovom slučaju Pd RC ostaje ista jer je * $\rho = 2$, $P_u = 0,3$, pa je $E_{PEB} = 0,94$, a u takvim uslovima efikasnost radio-veze VF $E_r = 0,023$, jer je $\alpha = 5$, $n = 2$, a $K_s = 0,06$.

Ovakva efikasnost radio-veze ne može zadovoljiti potrebe RiK, pa je neophodno tražiti sve raspoložive mogućnosti, kako bi se ovakvo stanje poboljšalo u našu korist.

* Dopuna napomene na sledećoj strani.

I ako će procena efikasnosti mere PEZ biti obrađena u narednom poglavlju, ovde ćemo samo taksativno nabrojati neke od mera PEZ, kojima se može značajno povećati efikasnost sistema veza, a koje moraju da preduzmu organi i jedinice veze u ovakvoj situaciji.

Te mere su: zahtevati od pretpostavljene komande vatrene dejstva po otkrivenim ometačima; uključiti sva raspoloživa sredstva i spojne puteve veze na teritoriji u sistem veza naših jedinica; zahtevati ojačavanje sredstvima veze; planirati sve raspoložive tehničke mere PEZ i maksimalno organizovati i realizovati kurirske i signalne veze.

* *Uz napomenu na prethodnoj strani:* Pošto nije definisan P_m , ili $1/W_p$ protivnika, smatra se da će sa dva sredstva po cilju biti dovoljno da se cilj neutrališe, tj. $p_m \approx 1$. U odbrani elemenata sistema veza učestvuju i posade ovih elemenata. Zato se u formule (19) i (19/1) može dodati verovatnoća pogađanja odbrambenih snaga ($*p_m$). Ova verovatnoća se iskazuje izrazom $(1 - *p_m)$.

Glava III

PROCENA EFIKASNOSTI MERA PROTIVELEKTRONSKE ZAŠTITE SISTEMA VEZA U BORBI

1. OSNOVNE MERE PROTIVELEKTRONSKE ZAŠTITE SISTEMA VEZA

U uvodnom delu navedene su moguće klasifikacije mera PEZ veza. Ovde ćemo se zadržati na osnovnoj i najčešćoj klasifikaciji. Sve navedene mere biće maksimalno sažeto opisane.¹¹⁹

Protivelektronska zaštita sistema veza u borbi može se realizovati organizacijskim i tehničkim merama ili postupcima.

1. *Organizacijske mere PEZ* planiraju, organizuju i sprovode organi, starešine i vojnici jedinica veze, a pri korišćenju sistema veza i svi korisnici.

1) *Rukovođenje i komandovanje sistemom veza* treba da obezbedi pravovremeno planiranje i organizovanje sistema veza, praćenje stanja veza i preduzimanje odgovarajućih mera radi održavanja neprekidnosti kanala veze, i praćenje saobraćaja veze, tj. preduzimanje svih raspoloživih mera (deo su mera PEZ) radi pravovremenog, kvalitetnog i tajnog prenosa informacija. Pravovremeno planiranje i organizovanje konkretnih mera PEZ je preduslov da sistem veza u borbenim dejstvima bude što otporniji na RI, PED i PEBD neprijatelja.

2) *Pri izboru lokacije elemenata sistema veze*, koji zrače EMT (radio i radio-relejne stанице, centri i čvoristi), treba težiti da što manje energije zrače u pravcu neprijatelja, jer se na taj način neprijatelju otežava RI i PED. Zato organ veze treba da utiče i na izbor KM, da se oteža njegovo otkrivanje putem RI, kao i PEDB po rejonu KM.

3) *Planiranje i organizovanje više vrsta veza* je nužno, jer pojedinačno posmatrane različite vrste veza različito su otporne na RI i PED neprijatelja. Pojedinačno teško mogu zadovoljiti potrebe RiK-a u uslovima PEB ali zajednički međusobno nadoknađuju svoje slabosti. Da bi raspolagali što otpornijim sistemom veza na RI i PED neprijatelja, neophodno ga je, između ostalog, realizovati i različitim vrstama veza.

4) *Korišćenje različitih vrsta veza* mora biti plansko i prema stepenu otpornosti. Načelno taj redosled je: kurirske, žične (klasične i optičke) radio-

¹¹⁹ Na osnovu učestvovanja u naučno-istraživačkom projektu o protivelektronskoj borbi i izradi separata „Protivelektronska zaštita sistema veza“ (literatura: 20, 38, 53, 57 i 63).

relejne (troposferske i satelitske ako sa njima raspolažemo) radio-veze (VF, VVF i UVF opsega), i signalne veze. Međutim, treba istaći i posebno razvijenu vojnu mobilnu telefoniju. Otpornost veze može se procenjivati i prema frekvencijskom spektru koji koristi, a zatim vrste rada i modulacije, gde savremeni uređaji koriste različite obrade signala i modulacije otpornije na ometanje. Na taj način otežće se neprijatelju RI, a samim tim PED i PEVD.

5) Pri planiranju i organizovanju sistema veza neophodno je imati u vidu kako *različiti oblici spojnih puteva* i njihov broj utiču na povećanje pouzdanosti i raspoloživosti sistema veza. Umešnim planiranjem raspoloživih oblika i broja spojnih puteva može se povećati otpornost sistema veza na RI, PED i PEVD neprijatelja.

6) *Povezivanje sistema veza OS sa ostalim sistemima veza* na ratištu, takođe, doprinosi povećanju otpornosti sistema veza na RI, PED i PEVD neprijatelja.

7) Pri planiranju i organizovanju veza sa jedinicama koje izvršavaju težišne (glavne) zadatke, treba, po mogućnosti, sa njima organizovati više kanala iste vrste veza, više obilaznih spojnih puteva, i dodeliti veći fond frekvencija. tj. *izraziti težište u vezama*. Na taj način povećava se otpornost ovog dela sistema veza na RI, PED i PEVD neprijatelja.

8) *Stvaranjem rezerve veze* omogućava se naknadni uticaj na postojeću organizaciju veze kada je ona narušena PED i PEVD neprijatelja. Time se povećava neprekidnost (raspoloživost) sistema veza.

9) *Pokretljivost elemenata sistema veza* otežava neprijatelju RI, PED i PEVD ali mogu i negativno da utiče na raspoloživost sistema veza (neprekidnost veze), a time i na pravovremenost prenosa informacija. Sem toga elementi sistema veza u pokretu su osetljivi na PEVD neprijatelja. Ove probleme može da ublaži ili potpuno otkloni savremena *vojna* mobilna telefonija i sa pokretnim baznim stanicama (koncentratorima).

10) *Dokumenta za rad stanica veza* moraju biti tako koncipirana da, pre svega, obezbede raspoloživu i pouzdanu vezu ali i da otežaju neprijatelju RI i PED.

11) *Plansko korišćenje frekvencijskog spektra* je imperativ za neprekidnu i kvalitetnu vezu, a može da oteža, nekada čak i spreči, neprijatelju RI i PED. Optimalni izbor frekvencija nije uvek moguć. Iste frekvencijske opsege koristi i neprijatelj što još više usložava situaciju u frekvencijskom spektru.

12) Striktno i stalno *pridržavanje propisa o saobraćaju veze* otežava neprijatelju RI (posebno identifikaciju), odluku o izboru kanala veze koje treba ometati i ubacivanje u naše kanale veze u cilju dezinformisanja.

13) *Zaštita tajnosti odluke i ostalih informacija*, koje se prenose sistemom veza, bitno utiče na mogućnost neprijatelja da RI prikuplja obaveštajne podatke o našim snagama, odnosno na tajnost RiK OS u borbenim dejstvima. Međutim, tajnost prenosa informacija utiče na ukupno vreme prenosa informacija, a

ekonomičnost i osetljivost šifre na greške u prenosu mogu da produže vreme predaje informacija i na taj način stvore neprijateljevim snagama za RI i PED povoljnije uslove za izvršenje zadataka.

14) *Kontrolne stanice saobraćaja veze* evidentiranjem (eventualno sprečavanjem) oticanja poverljivih podataka, sticanjem uvida u pravilnost primene saobraćajnih podataka, u pravilnost primene saobraćajnih propisa, upozorenju pri pojavi obmanjivanja i ometanja i dr., te predlaganjem adekvatnih mera doprinose povećanju otpornosti sistema veza na RI i PED neprijatelja.

15) *Urednjem teritorije za vezu* otežava se neprijatelju RI (izborom lokacije elemenata sistema veza, postavljanjem RR antena u kaponire i dr.), zatim PED, a postavljanjem određenog broja čvorišta i centara veze u podzemne objekte povećava se njihova otpornost na PEBD neprijatelja. Težište je na mirnodopskom uređenju teritorije za vezu.

16) Bezbednosnim, inžinjerijskim i PNH obezbeđenjem, maskiranjem i borbenim osiguranjem elemenata sistema veza povećava se otpornost sistema veza na izviđanje i PEBD neprijatelja.

17) *Našim PEBD* biće izložene snage za EI i PED neprijatelja, tj. biće uništavane ili dezorganizovane za rad, pa se очekuje smanjena efikasnost njihovog EI i PED, što stvara povoljne uslove za efikasniji rad vlastitom sistemu veza.

18) *Ometanjem i obmanjivanjem elemenata za RI neprijatelja* može se umanjiti efikasnost njegovog izviđanja, a zatim PED i PEBD na naš sistem veza, tj. naša PED u ovom slučaju imaju zaštitnu funkciju.

19) *Starešina jedinice veze*, da bi obezbedio pravovremenos i potreban kvalitet prenosa informacija, može preduzimati odredene mere PEZ kao što su: predaja najvažnijih informacija po delovima; predaja informacija po više kanala veza iste vrste veza i različitim vrsta veza; izbor kanala veze prema važnosti informacije; upotreba korektora grešaka i komprimirane primopredaje i drugih uređaja za zaštitu od EI i PED (kada se raspolaže ovim uređajima). Očigledan je zaključak da starešina jedinice veza u sprovođenju mera PEZ ima odgovornu i značajnu ulogu.

20) *Poslužilac stanice veze*, takođe, obavlja značajne zadatke u PEZ veza kao što su: prepoznavanje i identifikacija elektronskog ometanja; izveštavanje o pojavi ometanja i preduzimanje mera PEZ na stanicu veze koje imaju za cilj zaštitu od RI neprijatelja, odnosno zaštitu od ometanja kada je ometanje u toku.

21) Značajni subjekti u sprovođenju mera PEZ su *korisnici veza*. Osnovne obaveze korisnika veza su: da se striktno pridržavaju saobraćaja veze i propisa o korišćenju uređaja veze; da stalno vode računa o ograničenom kapacitetu kanala veze; da ocene koje se poruke moraju šifrovati a koje ne moraju, i da uvek predvide varijantu RiK ako sistem veze bude narušen.

22) Uloga čoveka, njegova *obučenost i uvežbanost*, u PEZ sistema veza izuzetno je velika, počev od planera do poslužilaca i korisnika veze. Posebno je

značajna uloga poslužilaca stanice veze. Zato se obuka komandi – štabova, starešina i jedinica veze mora stalno izvoditi u uslovima PEB neprijatelja, tj. što približnije ratnim uslovima.

2. *Tehničke mere PEZ* ugrađuju se većim delom u fazi projektovanja i proizvodnje u uređaje veze, odnosno sistem veza. Mogu se realizovati i dodatnim uređajima ili modifikacijom uređaja u toku eksploracije.

1) Za rad u uslovima EI, PED i PEBD neprijatelja radio i radio-relejnih uređaja moraju da *poseduju određene taktičko-teničke karakteristike* (posebno sa savremenom obradom signala i korišćenje modulacija koje su otpornije na smetnje, te sa mogućnošću menjanja vrste rada).

2) *Dodatni pojačavači* snage kod radio-uređaja, u određenim uslovima, obezbeđuju da korisni signal bude veći od ometajućeg, odnosno mogu da obezbede održavanje veze i u uslovima PED neprijatelja.

3) *Izdvojeni predajnici* od KM i upravljanje sa daljine povećavaju zaštitu KM od RI i PEBD neprijatelja.

4) *Usmerene antene* i različiti antenski sistemi za prostornu selekciju otežavaju neprijatelju RI i PED, nekada mogu potpuno spreciti PED.

5) *Diverzitet prijem* (posebno frekventni) otežava neprijatelju RI i usložava PED (zahteva povećan utrošak snaga za PED).

6) *Komprimirana primopredaja*, zavisno od tehnike za RI i PED neprijatelja, može otežati ili spreciti neprijatelju RI i PED.

7) *Korektori grešaka* mogu učiniti radio-vezu znatno otpornijom na PED neprijatelja (korišćenjem vrlo otpornih korekcionih kodova, npr. konvulucioni kod i dr.)

8) *Frekvencijska agilnost* radio i radio-relejnih uređaja i adaptivni sistemi otežavaju neprijatelju RI i PED.

9) *Prenos sa proširenim (ekspandovanim) spektrom* signala može značajno otežati neprijatelju RI i PED (širina opsega treba da bude što veća).

10) *Tehnička zaštita radio-uređaja od neprijateljeve identifikacije* usložava neprijatelju RI odnosno prikupljanje obaveštajnih podataka o našim snagama. Tehničke nesavršenosti uređaja mogu imati ulogu „otiska prsta“ za RI, pa je neophodno primenjivati razne postupke zaštite da se oni prikriju.

11) *Zaštita uređaja i sistema veze od EMIN* povećava otpornost sistema veza od dejstva nuklearnog oružja. Najčešće se izvodi oklapanjem, prigušivačima napona i smeštanjem uređaja u kabine, koje imaju osobine Faradejevog kaveza.

12) *Kriptozaštita informacija* smanjuje mogućnost neprijatelju da putem RI prikuplja obaveštajne podatke o našim snagama (s obzirom da je kriptozaštita istaknuta već i u organizacijskim merama PEZ, ovaj stav odnosi se na uređaje gde je tehnički rešena kriptozaštita), ali ne rešava problem zaštite od izviđanja i ometanja.

13) Zaštita uređaja veze od parazitnog akustičkog i elektromagnetskog zračenja sprečava neprijatelju prikupljanje obaveštajnih podataka o našim snagama putem KEMZ-a.

14) Radio-merni sistemi doprinose poboljšanju neprekidnosti i kvaliteta radio-veze (identičko adaptivnim sistemima) u svim uslovima, a posebno u uslovima PED neprijatelja.

15) Za uspešno sprovođenje mera PEZ od neprijateljevog RI i PED, neophodno je prethodno rešiti pitanja *elektromagnetne kompatibilnosti* (da ne ometamo slučajno sami sebe).

Treba naglasiti da ovim sažetim opisom organizacijskih i tehničkih mera PEZ one nisu iscrpljene, naprotiv razvoj novih tehnologija i telekomunikacija je brz, pa će zahtevati stalno praćenje i razvoj novih mogućnosti zaštite, dok će neke mere postati zastarele i neupotrebljive.

Danas *digitalni integrисани sistemi komunikacija* kompleksno rešavaju pitanja otpornosti sistema na EI, PED i PEBD neprijatelja. U odnosu na analogne sisteme veza mogu sa znatno većom efikasnošću obavljati svoju funkciju i u uslovima intenzivnog ometanja i fizičkog narušavanja.

2. PROCENA EFIKASNOSTI MERA PROTIVELEKTRONSKE ZAŠTITE SISTEMA VEZA

Pokazan je mogući put izračunavanja (procene) efikasnosti sistema veza u uslovima EI, PED i PEBD neprijatelja. Međutim, neophodno je dati odgovor da li se može i koliko sa određenim merama PEZ povećati efikasnost sistema veza. Sa velikom sigurnošću se može tvrditi da se sa merama PEZ može povećati efikasnost sistema veza (za deo mera će se to i dokazati), ali je otvoreno pitanje koliko pojedine mere povećavaju efikasnost sistema veza u celini.

Da bi se mogla ocenjivati efikasnost pojedinih mera PEZ neophodno je koristiti određene kvantitativne metode, odnosno prethodno treba postaviti neki opšti matematički model.

Ako se analizira uticaj pojedinih mera PEZ na verovatnoću izvršenja zadatka sistema veza može se uočiti da se mere PEZ međusobno ne isključuju, tj. uslovno posmatrano deluju paralelno. Zato se uticaj mere PEZ može aproksimirati sledećom matematičkom relacijom:

$$P_{pez} = 1 - (1 - p_v)(1 - p_1)(1 - p_2) \dots (1 - p_n), \text{ ili} \\ P_{pez} = 1 - (1 - p_v) \prod_{i=1}^n (1 - p_i) \quad (52)$$

gde je:

p_{pez} – verovatnoća efikasnog rada sistema veza u uslovima EI, PED i PEBD neprijatelja sa primenjenim merama PEZ;

P_v – verovatnoća efikasnog rada sistema veze u uslovima EI i PED;
 $P_{1,2,\dots,n}$ – verovatnoća efikasnog rada sistema veza sa jednom primjenjenom mera PEZ, gde je $1, 2 \dots n$ broj različitih mera PEZ.

Primer:

Kolika se očekuje verovatnoća efikasnog rada nekog sistema veza u uslovima PEB neprijatelja kada je verovatnoća efikasnog rada sistema veza $P_v = 0,70$, a planirani su obilazni pravci sa $P_1 = 0,60$, povezivanje sa sistemima veza van OS sa $P_2 = 0,65$, pravilan izbor lokacije elemenata sistema veza sa $P_3 = 0,20$ i druge mere PEZ sa $P_n = 0,30$?

Zamenom navedenih vrednosti u obrazac dobija se:

$$P_{pez} = 1 - (1 - 0,7) (1 - 0,6) (1 - 0,65) (1 - 0,2) (1 - 0,3)$$

$$P_{pez} = 0,97648$$

Krajnji rezultat pokazuje da bi se sa primenom navedenih mera PEZ značajno povećala verovatnoća efikasnog rada ovog sistema veza.

Međutim, treba naglasiti da za sada primena ovakvog matematičkog modela ostaje u teorijskom razmatranju, jer su za nas najčešće nepoznate verovatnoće efikasnog rada sistema veza sa primenom pojedinačnih mera PEZ.

Za grupu mera PEZ može se unapred izračunati ili proceniti njihov doprinos efikasnosti sistema veza. To će se u ovoj glavi pokušati i argumentovati.

Planiranje, organizovanje i održavanje visoke efikasnosti sistema veza u borbi je zadatak organa veze jedinice, starešina i vojnika jedinica veze, a u toku korišćenja sistema veza na njegovu efikasnost utiču i korisnici veza.

Pretenzije ovog rada nisu detaljna analiza dužnosti i uloge organa veze i poslužilaca na sredstvima veze u protivelektronskoj zaštiti sistema veza, već analiza najvažnijih mera, odnosno procena efikasnosti mera protivelektronske zaštite. Protivelektronska zaštita sistema veza može se rešavati organizacijom ili tehnikom. Najčešće se zaštita sistema veza rešava kombinovano, tj. organizacionim i tehničkim postupcima ili merama.

*Rukovođenje i komandovanje sistemom veza*¹²⁰ treba da obezbedi neophodnu efikasnost sistema veza u operaciji. Prema tome, od RiK sistemom veza u najširem smislu zavisi planiranje, organizovanje i realizacija mera PEZ.

Procenu osetljivosti na EI i PED pojedinih elektronskih uređaja i sistema, kao celine, nužno je vršiti stalno.

Da bismo ispunili ove zahteve treba neprekidno izučavati i pratiti razvoj elektronskih sistema u stranim armijama i razvoj sistema za EI i EOM, kao i sva iskustva o PEB iz savremenih ratova.

¹²⁰ U literaturi 61. obrađuje se ovo pitanje. Ceo rad se bavi pitanjem pravovremenog prenosa informacija kao kriterijuma efikasnosti sistema veza, gde je obrađena i uloga RiK sistemom veza. Savremeni sistemi veza raspolažu posebnim centrima za nadzor i upravljanje sistemom.

Shodno iznetom u toku planiranja i organizovanja sistema veza moramo uvek imati u vidu mere PEZ, tj. kako bi organizovani sistemi veze bili što otporniji na EI i PED. Pošto su neke mere PEZ (npr. česta promena frekvencija) ograničene ili čak u pojedinim uslovima i nemoguće, ostaje zadatak komandi i štabova da za svaki slučaj nalaze konkretna rešenja, odnosno one mere PEZ koje su u datim uslovima moguće, a daće najveće efekte.

Da bismo obezbedili neprekidan rad sistema veza i drugih elektronskih sistema u borbenim dejstvima, pravovremenu i tajnu primopredaju informacija, a time stvorili uslove za uspešno izvođenje borbenih dejstava, organi i jedinice veze moraju se neprekidno obučavati i usavršavati u primeni mera PEZ.

Planiranjem i organizovanjem više vrsta veza¹²¹ sa istom jedinicom postiže se veći stepen raspoloživosti (spremnosti) sistema veza, ali i potreban kapacitet (propusna moć) sistema veza.

Verovatnoću izvršenja zadatka različitim vrstama veza možemo proceniti prema sledećoj formuli (obrazloženje u formuli (50)):

$$P_V = 1 - (1 - P_r)(1 - P_{rr})(1 - P_z) \dots (1 - P_n) \quad (53)$$

gde je:

P_r – verovatnoća izvršenja zadatka radio-veze;

P_{rr} – verovatnoća izvršenja zadatka radio-relejne veze;

P_z – verovatnoća izvršenja zadatka žične veze;

P_n – verovatnoća izvršenja zadatka ostalih vrsta veza.

Umesto verovatnoće možemo uvesti koeficijent spremnosti (uprošćen pristup), pa formula (53) glasi:

$$K_{ss} = 1 - (1 - K_{sr})(1 - K_{srr})(1 - K_{sz}) \dots (1 - K_{sn}) \quad (54)$$

gde je:

K_{ss} – ukupni koeficijent spremnosti;

K_{sr}, K_{srr}, K_{sz} – koeficijent spremnosti različitih vrsta veza.

Mogu se empirijski pratiti na različitim vežbama i statistički obraditi. Na taj način dobijeni su sledeći podaci¹²²:

$$\text{Rv VF } K_{sr} = 0,4 - 0,5$$

$$\text{RRV } K_{srr} = 0,7 - 0,8$$

¹²¹ Osobine vrste veza, opisane su u službenoj literaturi, te se ovde neće obrazlagati. Međutim, u razvoju žičnih veza neophodno je istaći značaj optičkih kablova (svetlovoda). Ovi spojni putevi postaju vrlo perspektivni za buduće sisteme veza. Pored niza pozitivnih osobina kod optičkih kablova su eliminisani problemi preslušavanja između optičkih vlakana i interferencije u kablovima, a sem toga elektromagnetne interferencije nemaju uticaja na optičke signale, tj. na informaciju koja se prenosi. Izneta ukazuje na veliku otpornost optičkih kablova na EI i PED neprijatelja.

¹²² Literatura 61.

$\check{Zv} K_{s\check{z}} = 0,6$

U borbenim dejstvima ovi koeficijenti spremnosti smanjuju se za 10–50% što znači da je $K_{ss} = 0,50 – 0,75$, a to znači da je vreme za prenos definisane količine informacija (W_i) u tim uslovima do dva puta duže od normiranog, tj:

$$W_i = 1,3 \text{ } to \div 2 \text{ } to,$$

gde je to normirano vreme za prenos definisane količine informacija (prema formuli 51, a $P_v \approx K_{ss}$).

Primer:

Ako operativna komanda sa brigadom organizuje tri vrste veza i to radio-vezu sa koeficijentom spremnosti $K_{sr} = 0,4$; radio-relejnu vezu sa $K_{srr} = 0,7$ i žičnu vezu sa $K_{s\check{z}} = 0,6$, onda će ukupna spremnost, prema formuli (54) iznositi $K_{ss} = 0,93$, što zadovoljava potrebe RiK na ovom nivou.

Sem iznetog, otpornost veza može se i dalje procenjivati u okviru pojedinih vrsta veza, i to u zavisnosti od *korišćenja frekvencijskog opsega, vrste modulacije, rada, itd.*

Procena otpornosti različitih modulacija i vrsta rada moguća je preko koeficijenta ometanja¹²³. Pregled otpornosti pojedinih vrsta rada i modulacija izražen preko koeficijenta ometanja, a izrađen na osnovu stranih podataka, dat je u prilogu br. 21. Iz priloga je vidljivo da koeficijent ometanja izražava *optimalnu smetnju*, a to je ona, koja obezbeđuje ometanje radio-prijema sa

¹²³ Literatura 13. stoji da je za ometanje:

- amplitudno modulisanih signala $K_0 = 0,5 \div l$;
- frekventno modulisanih signala $K_0 = 1 \div 2$, i
- impulsno modulisanih signala $K_0 = 2 \div 5$.

Ovako veliki koeficijenti ometanja za digitalne signale (impulsne modulacije) mogu se argumentovati sledećim razlozima:

Kvalitet prenosa informacija u digitalnom obliku gotovo je nezavisan od međusobne udaljenosti učesnika jer se mogu regenerisati na spojnom putu bez izobličenja. U prenosu i komutaciji mnogo su otpornije na šum, izobličenja, nemamerna i namerna ometanja. Umnožavanje kanala (multipleksiranje) ne unosi međusobne smetnje i preslušavanja. Digitalni kanal je „transparentan“ za sve vrste informacija. Navedene prednosti dolaze u potpunosti do izražaja u digitalnim mrežama gde se pretvaranje (konverzija) analognog u digitalni signal obavlja u terminalima (digitalnim telefonima, univerzalnim terminalima i dr.).

Na digitalne signale mogu se primeniti uređaji za grupnu kripto-zaštitu i korektori grešaka. Zavisno od primjenjenog koda, algoritma za korekturu grešaka i dr. moguće je realizovati značajnu otpornost na smetnje (poboljšati kvalitet prenosa od 20 do 100 i više puta), tj. postići potreban kvalitet prenosa informacija i u uslovima neprijateljevog elektronskog ometanja.

Digitalna tehnika omogućava znatno veće brzine prenosa informacija i elektronsku automatsku komutaciju, što ima višestruki značaj za efikasnost sistema veza u savremenim borbenim dejstvima (kraće zadržavanje u eteru smanjuje verovatnoću izviđanja, a zatim i ometanja).

Naveden je samo deo prednosti digitalnog prenosa signala, tj. navedene su one osobine koje pokazuju njihovu otpornost na smetnje (namerne i nenamerne).

zadatom verovatnoćom, pri minimalnom odnosu snage smetnje prema snazi signala.

U VF opsegu jačina signala na mestu prijema može se odrediti u jačini električnog polja (E) izražena u $\mu\text{V}/\text{m}$, na osnovu dijagrama CCIR (prilog 5).

U tom slučaju izraz za koeficijent ometanja (K_o) je:

$$K_o \geq \left[\frac{P_o}{P_s} \right]_{ulaz prijem.} = \left[\frac{\frac{E_o^2}{R_a}}{\frac{E_s^2}{R_a}} \right]_{ulaz prijem.} = \left[\frac{E_o}{E_s} \right]^2_{ulaz prijem.} \quad (55)$$

gde su:

E_o – jačina električnog polja signala ometanja na mestu prijema;

E_s – jačina električnog polja korisnog signala na mestu prijema;

R_a – otpor zračenja antene.

Ometanje će biti uspešno ako se na mestu prijema omotačem stvori električno polje koje je jednako:¹²⁴

$$E_o \geq E_s \cdot \sqrt{K_o} \quad (56)$$

Međutim, ometanje neće biti uspešno ako ostvarimo električno polje korisnog signala na mestu prijema u iznosu:

$$E_s \geq \frac{E_o}{\sqrt{K_o}} \quad (57)$$

U daljem treba proceniti čime se još može obezbediti povoljniji odnos između korisnog i ometajućeg signala, tj. čime možemo poboljšati kvalitet prijema signala. Zato cenimo da li raspolažemo *korektorima grešaka*, i gde bi ih trebalo prvenstveno koristiti i da li i gde možemo realizovati neku od *tehnika diverzitog prijema* (ovo su tehničke mreže PEZ).

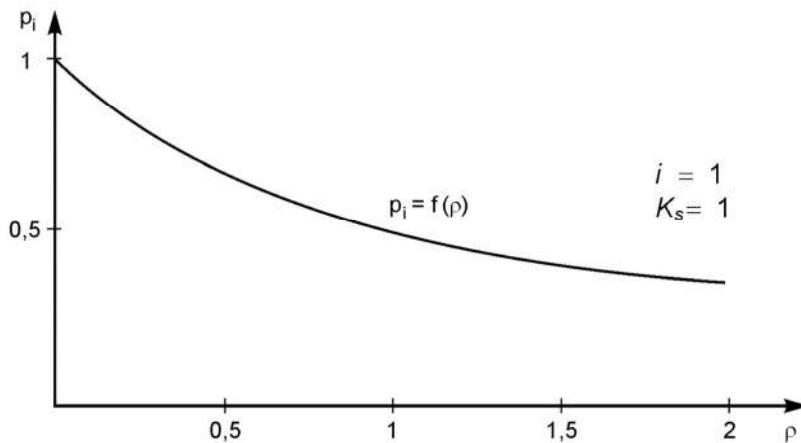
Sem iznetog, kvalitet prijema stalno se kontroliše planskim merenjima kvaliteta kanala veze, te ove rezultate treba, takođe, koristiti u proceni.

Prema stepenu otpornosti, i *različite vrste veza treba različito koristiti u borbenim dejstvima*. U pripremi i početnom periodu borbenih dejstava načelno je težište na kurirskim i žičnim vezama, a po stepenu njihovog narušavanja, kada više ne mogu zadovoljiti potrebe RiK-a, uključuju se u rad radio-relejne i radio-veze (teorijska načela). Bežične veze treba uključiti u rad sukcesivno, zavisno od potreba, a ne jednovremeno u svim pravcima i mrežama.

Prema empirijskoj formuli za proračun verovatnoće izviđanja (4), ili prema teoriji masovnog opsluživanja, prilog br. 8, očigledna je međuzavisnost intenziteta rada radio-veza i verovatnoće izviđanja.

¹²⁴ Ibid.

Na dijagramu na slici 7 pokazana je zavisnost verovatnoće radio-izviđanja od prisutnosti radio-veza u eteru za jednokanalnu vezu. Kada je dužina rada jednaka pauzama, što znači da 50% vremena radio-veza radi a 50% vremena ne, onda je $\rho = \alpha = 1$, tada je verovatnoća izviđanja $p_i = 0,5$, ako se izviđanje obavlja sa jednim prijemnikom ($i = 1$). Pri daljem povećanju saobraćaja verovatnoća izviđanja brzo raste i obratno.

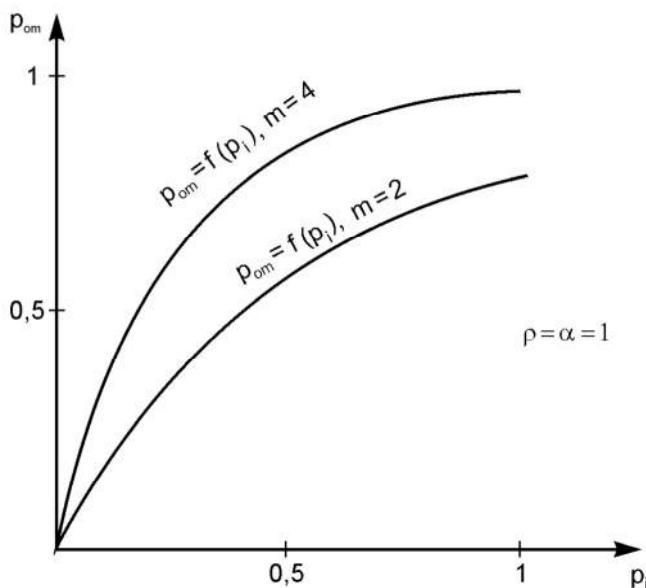


Slika 7.

Zato je neophodno intenzitet rada radio- i radio-relejnih veza planski usmereravati, tj. ρ treba da bude što veće. Ovo se postiže zabranom ili ograničenjem upotrebe radio i radio-relejnih veza na duže ili kraće vreme, zavisno od borbene situacije. *Radio-čutanje* je efikasna mera PEZ. Radio-veze su najosetljivije na EI i PED, pa ih treba čuvati i ne dozvoliti da protivnik, još u pripremi borbenih dejstava prikupi o njima potrebne podatke koji bi mu omogućili da ih neutrališe ili uništi u početnoj fazi borbenih dejstava, što znači da ih treba koristiti samo kada je to neophodno.

Međuzavisnost verovatnoće izviđanja i verovatnoće ometanja je, takođe, evidentna i vrlo velika. Ilustracija na slici 8.

To znači da je najznačajniji zadatak u protivelektronskoj zaštiti smanjiti, po mogućnosti, verovatnoću neprijateljevog izviđanja.



Slika 8.

Sem organizacijskih, postoje i tehničke mere¹²⁵ koje utiču na smanjenje verovatnoće izviđanja, kao što su: *komprimirana (ubrzana) predaja informacija i frekventna agilnost* (prenos signala u proširenom spektru, adaptivni sistemi i sl.). U proceni treba analizirati šta se i gde od navedenog može koristiti. Da bi se neprijateljевим izviđačkim snagama otežala identifikacija naših radio-veza pored načina korišćenja podataka za rad stanica veze, treba procenjivati uticaj korišćenja saobraćaja veze i mogućnosti tehničke zaštite uređaja veze od neprijateljeve identifikacije.

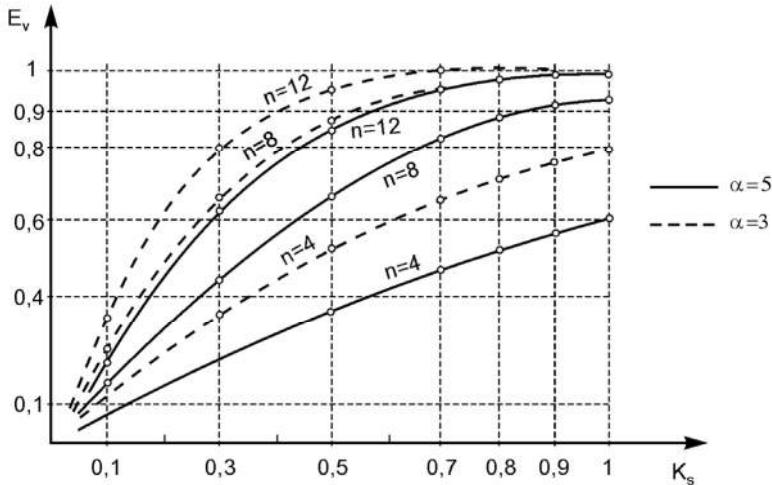
Pri planiranju i organizovanju sistema veze značajno pitanje je *broj kanala veze*, koji se može organizovati između dva učesnika. Povećanje broja kanala veze između dva učesnika utiče na povećanje efikasnosti sistema veze koja se može izračunati i proceniti prema prilogu br. 13.

Na slici 9 prikazana je zavisnost efikasnosti sistema veze (E_v), koju predstavlja verovatnoća opsluživanja, od koeficijenta spremnosti (K_s) za određeni broj kanala (n) između dva učesnika i saobraćajnog opterećenja (α). Da bi se postigla što veća efikasnost sistema veza pri datom saobraćajnom opterećenju, neophodno je obezbediti dovoljan broj kanala veze i postići što veću njegovu spremnost ili smanjiti saobraćajno opterećenje, što najčešće neće biti moguće.

¹²⁵ Na vreme prenosa informacija utiče i primenjena kriptozaštita, koja može da produži ili skrati dužinu informacija, a povećava osetljivost prenosa na greške, što iziskuje ponavljanje informacija, što opet znači da će boravak u eteru biti duži.

Broj kanala prema određenom učesniku je najčešće limitiran brojem i vrsnom raspoloživih uređaja veze. Zbog toga je potrebno poznavati još neke pokazatelje kako bi se što racionalnije koristili kanali prema nekom učesniku. Tako se uz pomoć teorije masovnog opsluživanja sa otkazom može izračunati *srednji broj zauzetih kanala* (\bar{k}), prema formuli (30).

$$\bar{k} = \frac{\lambda}{\mu} \cdot P_{op} = \alpha \cdot P_{op}$$



Slika 9.

Verovatnoća da je kanal zauzet (P_z), prema formuli (34):

$$P_z = \frac{\bar{k}}{n} = \frac{\alpha}{n} \cdot P_{op}$$

Srednje vreme neiskorišćenosti kanala (t_n), prema formuli (36):

$$t_n = t_r \frac{1 - P_z}{P_z} = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{1 - P_z}{P_z}$$

Na osnovu ovih podataka, ali imajući u vidu i mogućnosti protivnika, treba tražiti odgovarajuća rešenja za konkretnu borbenu situaciju pri planiranju i organizovanju broja kanala veze.

Primer:

Pri planiranju sistema veza treba odrediti broj kanala veze sa nekom jedinicom tako, da verovatnoća da informacija neće biti predata bude $p_n \leq 0,05$. Ako je raspoloživost kanala veze $K_s = 0,80$, vreme predaje informacije iznosi 6 minuta, a informacije pristižu prosečno svakih 3 minuta.

$$\alpha = \frac{t_r}{t_p} = \frac{6}{3} = 2$$

Rešenje je $n = 6$.

Kod 6 kanala veze ispunjen je zahtev da $p_n \leq 0,05$, odnosno da je verovatnoča opsluživanja $P_{op} = 1 - p_n \geq 0,95$.

Povećanje broja različitih kanala veze ostvaruje se planiranjem i organizovanjem više vrsta veza (svih koje stoje na raspolaganju, pa i signalne veze), povezivanjem sistema veza OS sa ostalim sistemima veza na teritoriji, izražavanjem težišta u vezama, te stvaranjem rezerve veze. Procenom treba utvrditi, koliko se navedene mogućnosti mogu iskoristiti u konkretnoj situaciji.

Pri proceni efikasnosti sistema veza neophodno je imati u vidu *uticaj različitih oblika spojnih puteva*¹²⁶ na povećanje pouzdanosti i raspoloživosti sistema veza da bi se umešnim planiranjem raspoloživih oblika i broja spojnih puteva povećala otpornost sistema veza na EI, PED i PEVD.

Kod radio-relejnih i žičnih spojnih puteva posebno je značajno planirati i organizovati alternativne spojne puteve, tzv. obilazne pravce, bilo sopstvenim snagama i sredstvima ili korišćenjem spojnih puteva drugih sistema veza. Na taj način značajno se povećava pouzdanost i raspoloživost veza.

Ilustracija sistema veza na principu „rešetke“ na slici 10.

Ako se između prepostavljene k-de i brigade može održati veza bar po dva alternativna puta (napomena: CV-K, ČV-1, ČV-4, ČV-5 CV-br ili CV-K, ČV-2 ČV-5 CV-br), a poželjno je i više, onda se verovatnoča efikasnog rada ovakvog sistema radio-relejnih veza (ili žičnog ili integrisanog od različitih vrsta veza) na principu tzv. „rešetke“, može izraziti izrazom:

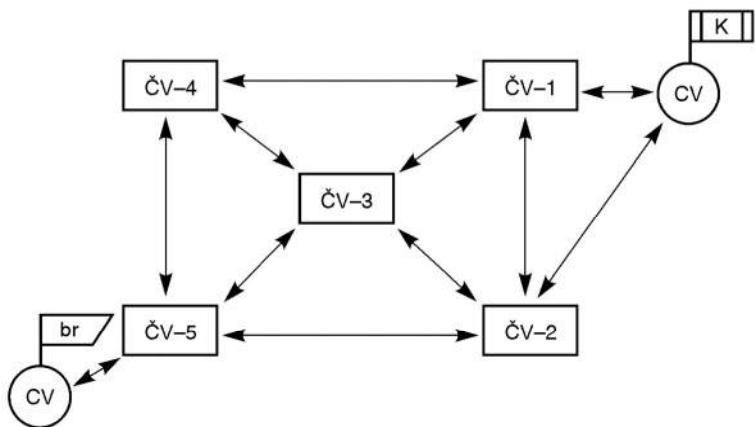
$$E_v = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - K_{\check{c}_{v-i}}) \quad (58)$$

gde je:

E_v – efikasnost sistema koja se može izraziti u raspoloživosti, preko ukupnog koeficijenta;

$K_{\check{c}_{v-i}}$ – koeficijent spremnosti ili verovatnoča opsluživanja (posebno kada je komutacija na čvoruštu veze automatska) i-tog čvorušta veze, odnosno spojnog puta, a n ukupan broj čvorušta i centara veze.

¹²⁶ Spojni putevi veza su elementi sistema veza OS, koji međusobno povezuju krajnje stanice centra i čvorušta veze u tehničku i tehnološku celinu. Mogu biti: bežični, žični, kurirski i integrirani, a u okviru bežičnih: radio, radio-relejni, radio-tropsferski, satelitski, signalni i podvodni. Oblici organizovanja spojnih puteva su: pravci, linije i mreže odgovarajućih vrsta veze (prema internoj literaturi). Savremeni sistemi veza ostvaruju automatski veze po alternativnim putevima.



Slika 10.

U delu, gde je obrađen koeficijent spremnosti kao jedan od elementarnih pokazatelja efikasnog rada nekog sistema veze, pokazan je i način njegovog izračunavanja za različite spojne puteve. Međutim, treba naglasiti da se u mirnodopskim uslovima ovaj koeficijent može statistički utvrditi, a na vežbama, gde se simuliraju dejstva protivnika i približna vrednost u borbenim uslovima. Ta vrednost može biti polazna za procenu.

Ako smo statistički utvrdili koeficijent spremnosti (K_{cv}) i predviđeli saobraćajno opterećenje (α), a komutacija kanala veze na čvorишtu je automatska, tada nam je poznat i broj veza koje je moguće jednovremeno ostvariti, a to je n . Sada možemo izračunati verovatnoću opsluživanja (P_{op}) za čvoriste, odnosno *komutacioni centar*, putem formule (41).

Procena zaštite ciljeva (elemenata sistema veza) pomoću naših PED, odnosno samo drugom njenom komponentom, a to je obmanjivanje, postiže se stvarenjem lažnih ciljeva (kod sistema veza ona se postiže organizovanjem lažnih veza, a kod elemenata sistema veza – CV, PdRC, RRČv i dr. lažnim ciljevima). Mogućnost izračunavanje verovatnoće gađanja (uništenja) ciljeva (elemenata sistema veza, KM i dr.), koja se štite lažnim ciljevima data je izrazom:

$$p_L = I - \left[I - \left(p_m \frac{N}{N+L} \right) \right]^m \quad (59)$$

gde je:

p_L – verovatnoća gađanja (uništenja) cilja (objekata) koji se štite (prikrivaju) lažnim ciljevima;

N – broj stvarnih ciljeva;

L – broj lažnih ciljeva;

p_m – verovatnoća pogađanja cilja (objekta) ili lažnog cilja jednim borbenim sredstvom, i

m – broj borbenih sredstava, koja dejstvuju po cilju (raketa, projektila – granata, avio-bombi i dr.).

Verovatnoću p_m moguće je odrediti na osnovu formule:

$$p_m = 1 - (1 - p_1)^m \quad (60)$$

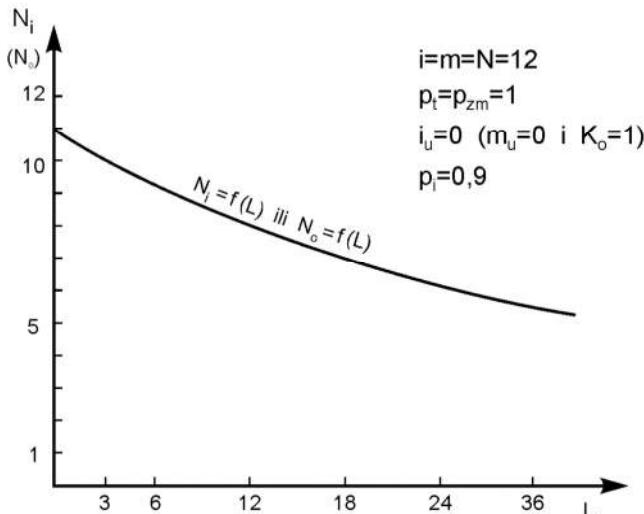
gde je:

p_1 – verovatnoća pogađanja cilja, jednim borbenim (ubojnim) sredstvom, a m je poznato.

Ako analiziramo različite primere, dobićemo podatke o verovatnoći zaštite objekata lažnim ciljevima (u našem primeru lažnim elementima sistema veza). Prepostavimo da je: $p_m = 0,8$, $m = 1$ i $N = 1$, za $L = 0$, $p_L = 0,8$ za $L = 1$ $p_L = 0,4$, za $L = 3$, $p_L = 0,2$, za $L = 6$, $p_L = 0,15$, a za $L = 9$, $p_L = 0,08$. U ovom primeru već za $L = 1$, p_L je za 50% manje. Međutim, kod složenijih primera dolaze do izražaja i drugi parametri, npr.: $p_m = 0,8$, $m = 5$ i $N = 3$. Rezultati su sledeći: za $L = 0$, $p_L = 1$, za $L = 3$, $p_L = 0,92$ itd., za $L = 15$, $p_L = 0,5$. Kao što vidimo u ovom slučaju, potrebno je 5 puta više lažnih ciljeva da bi se verovatnoća uništenja smanjila za 50%. Ovde značajnu ulogu ima broj dejstva po elementima sistema veza, kao i broj ciljeva koje treba uništiti. Ako izraz (59) primenjujemo za analizu radio-veza, onda bi kod analize verovatnoće zaštite radio-veza od radio-izviđanja umesto P_m uveli parametar P_i , a m bi bio broj prijemnika sa kojima se izviđa jedna radio-veza, dok bi kod analize zaštite radio-veza od ometanja p_m zamenili sa p_{om} , a m bi bio broj ometača koji ometa jednu radio-vezu. Analiza konkretne situacije koja nam je potrebna u proceni borbene situacije obezbeđuje dopunske podatke za zaključivanje pri donošenju odluke.¹²⁷

Procenu efikasnosti naših PED i PEBD na elemente EI i PED neprijatelja (kao mere PEZ) možemo obaviti i pomoću formula (7) i (16), gde je uočljiva zavisnost broja radio-veza koje će biti izviđane (N_i), odnosno ometane (N_0) od broja prijemnika koji neće moći izviđati (i_u), odnosno ometati (m_u), jer će biti uništeni našim PEBD i broja ostalih (radnih i lažnih) rado-veza (L) na prostoru gde se nalazi (N) radio-veza koje treba izviđati. Lažne radio-veze su proizvod naših PED, odnosno njene komponente – elektronskog obmanjivanja.

¹²⁷ Literatura br. 17. Ovi proračuni posebno dolaze do izražaja kod individualne zaštite koju koriste avioni i dr. letelice, plovni objekti, pa zatim tenkovi i druga borbena i neborbena sredstva u kopnenoj vojsci.



Slika 11.

Na dijagramu na slici 11 vidi se zavisnost broja izviđanih, odnosno ometanih radio-veza od broja ostalih radio-veza (radnih i lažnih) u zoni izviđanja, odnosno ometanja. Kriva $N_i = f(L)$, odnosno $N_0 = f(L)$ sporo pada i pokazuje da je potreban veliki broj ostalih radio-veza u određenoj zoni da bi se delimično smanjio broj izviđanih ili ometanih radio-veza. Tako na primer, potrebno je tri puta više „lažnih“ radio-veza u zoni izviđanja ili ometanja da bi se broj izviđanih ili ometanih radio-veza smanjio za 50% (ako je: $i=N=12$, $p_t=p_{zm}=1$, $i_u=0$, odnosno $m_u=0$, a $K_0=1$ i $p_i=0.9$, onda za $L=0$ je N_i (N_0)= 10,8, a za $L=36$ je N_i (N_0) = 5,3 radio-veze).

S obzirom da se ovde radi o broju koji predstavlja matematičko očekivanje bilo bi pogrešno „kruto“ zaključiti da je obmanjivanje protivničkih snaga za EI i PED neefikasna ili nedovoljno ekonomična mera PEZ.

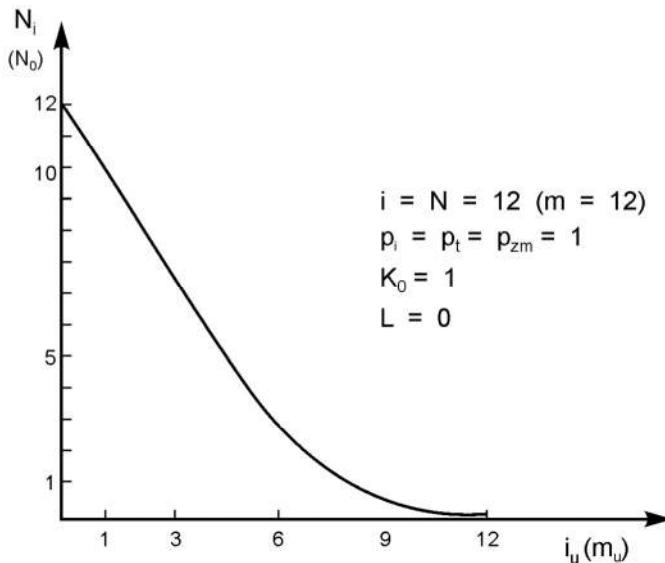
Na dijagramu na slici 12 pokazana je zavisnost broja izviđanih ili ometanih veza od broja prijemnika za izvidanje ili ometača koji neće moći izviđati, odnosno ometati jer će biti uništeni, ili iz nekih drugih razloga.¹²⁸ Krivulja $N_i = f(i_u)$ ili $N_0 = f(m_u)$ brzo pada i već kada je trećina sredstava onesposobljena za izvršavanje zadatka, broj izviđanih ili ometanih radio-veza

¹²⁸ Za izradu dijagrama sl. 12 korišćeni su matematički modeli (7) i (16) ali sa jednom dopunom eksponenata pa obrazac (7) glasi:

$$N_i = N \left[1 - \left(1 - e^{-\frac{i_u}{i-i_u}} \cdot p_t \cdot p_i \right)^{\frac{i-i_u}{N+L}} \right]$$

Na isti način je dopunjeno i obrazac (16). Ovo je neophodno da bi se dobili tačni rezultati, dok u ostalim slučajevima procene ova tačnost nije neophodna.

biće skoro za 50% manji. To upućuje na zaključak da su naša PEBD po sredstvima za EI i PED protivnika vrlo efikasna mera PEZ. Nije ni potrebno posebno dokazivati da je to najefikasnija mera PEZ.



Slika 12.

Zato organ veze mora postaviti zahtev za dejstvo naših snaga po otkrivenim ometačima neprijatelja.

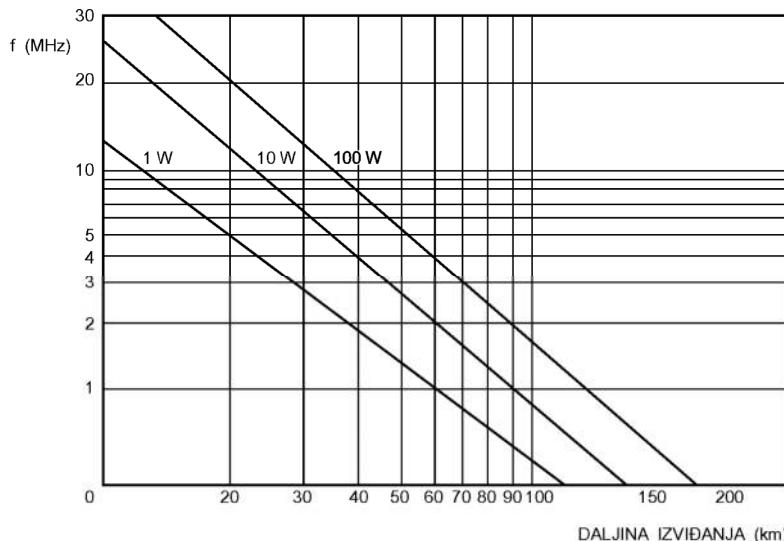
Planskim izborom i korišćenjem frekvencija, te frekvencijskom selekcijom kao merom PEZ moguće je povećati efikasnost bežičnih veza.

Plansko korišćenje frekvencijskog spektra je imperativ za neprekidnu i kvalitetnu vezu, a može da oteža (nekada čak i spreči)¹²⁹ neprijatelju izviđanje i ometanje. Optimalni izbor frekvencije nije uvek moguć. Razlozi su mnogobrojni, a osnovni je veći broj radio- i radio-relejnih veza od upotrebljivih frekvencija, te jednu frekvenciju koristi više organizovanih mreža ili pravaca, što može da dovede do nemernog ometanja, uz napomenu da isti frekvencijski opseg koristi i neprijatelj, što još više otežava optimalni izbor frekvencija.

Ako pri izboru frekvencije možemo obezbediti pouzdanu i kvalitetnu vezu, a da tu frekvenciju protivnik može teško izviđati, onda bi postigli značajnu zaštitu veza, jer veze koje se teško izviđaju još teže se ometaju.

¹²⁹ Cilj izbora frekvencije kod radio-veza koje koriste prostornu komponentu je da se obezbedi maksimalno upotrebljiva frekvencija (MUF) za planiranu VF vezu i da je ta frekvencija istovremeno nepovoljna za neprijatelja koji je želi izviđati ili ometati (u prilogu br. 6, vidi se primer predajnika od 400 W kada radi na frekvenciji 3 MHz, koji bi se teško izviđao 15.07. u 06.00 časova na daljini od 200 km jer nema pozitivnog proračuna).

Ilustracija daljina radio-izviđanja površinskim talasom ostvarene prijemnikom sa okvirnom antenom osetljivosti $5 \mu\text{V}/\text{m}$ za razne snage predajnika P_s na slici 13 (literatura 13).



Slika 13.

Ovakvi dijagrami mogu da posluže za procenu da li protivnik može da izviđa naše veze, odnosno na kojim daljinama to može realizovati.

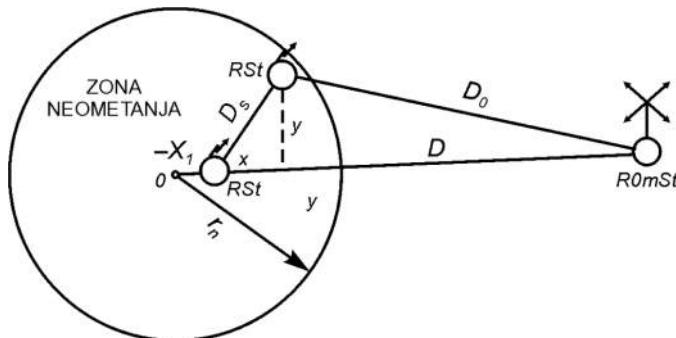
U procesu procene uticaja neprijatelja na sistem veza, treba analizirati i kako izrada podataka za rad (za identifikaciju) stanica veze, kontrola saobraćaja veze, raspolaganje sa radio-mernim sistemima ili računarskom tehnikom sa programima za planiranje i izbor frekvencija i dr. utiču na način korišćenja frekvencija. Prethodni uslov je da se obezbedi elektromagnetna kompatibilnost,¹³⁰ tj. zaštita od nemernog ometanja, kako sopstvenih tako i neprijateljevih radio-uređaja.¹³¹

¹³⁰ Elektromagnetna kompatibilnost (EMK) je sveukupnost uslova kod kojih elektronska sredstva i sistemi obavljaju svoju funkciju, a da im se njihove osnovne karakteristike nedopustivo ne pogoršavaju usled delovanja drugih elektronskih sredstava, kao i da sama ne prouzrokuju takvo ometanje.

¹³¹ U toku istraživanja nemernog ometanja na zajedničkim lokacijama funkcionalnih sistema veza došlo se do saznanja da je: 43% od ukupnog broja radio smetnji posledica nepoznavanja EMK radio-uređaja, 29% ometanja dolazi usled neispravnosti uređaja, 20% ometanja usled izuzetno dobre propagacije, a 8% čine ostale smetnje.

Adekvatan izbor lokacije elemenata sistema veza (onih koji zrače elektromagnetnu energiju) je mera PEZ, a proistiće iz poznavanja osobina rasprostiranja EMT, koja se ovde neće prezentirati.¹³²

U borbenim dejstvima mogu se otkriti neprijateljevi ometači (nekad i pre) i utvrditi njihova lokacija. Kada nam je poznata lokacija neprijateljevih ometača može se proračunati takozvana zona neometanja (neefikasnog ometanja), gde radio-stanice koje rade međusobno neće moći biti efikasno ometane. Ilustracija na slici 14.



Slika 14.

Izračunavanje zone neometanja (r_n) moguće je na sledeći način.¹³³ Podimo od poznate formule za daljinu ometanja:

$$D_0 = D_s \sqrt[4]{\frac{P_0 G_0}{P_s G_s K_0}}, \text{ ako se uvede zamena: } a = \sqrt[4]{\frac{P_0 G_0}{P_s G_s K_0}}$$

$$D_0 = a \cdot D_s$$

prema slici sledi da je:

$$D_0 = \sqrt{(D - x)^2 + y^2}$$

$$D_s = \sqrt{x^2 + y^2}$$

zamenom ovih vrednosti, sledi:

$$D_0 = \sqrt{(D - x)^2 + y^2} = a \sqrt{x^2 + y^2} \quad |^2$$

$$(D - x)^2 + y^2 = a^2 x^2 + a^2 y^2$$

$$D^2 - 2xD + x^2 + y^2 - a^2 x^2 - a^2 y^2 = 0 \quad |^{(-1)}$$

$$-D^2 + 2xD - x^2 - y^2 + a^2 x^2 + a^2 y^2 = 0$$

¹³² U literaturi postoje razrađeni različiti nomogrami za brzo određivanje optičke i radio-vidljivosti, odnosno za snimanje profila zemljišta radi određivanja radio-vidljivosti, koji mogu da posluže i za procenu zaštićenosti radio-stanice od elektronskog izviđanja.

¹³³ Literatura 6, i interna literatura.

$$\begin{aligned}
 2xD + x^2(a^2 - I) + y^2(a^2 - I) &= D^2 \quad | : (a^2 - I) \\
 \frac{2xD}{a^2 - I} + x^2 + y^2 &= \frac{D^2}{a^2 - I} \quad \left| + \frac{D^2}{(a^2 - I)^2} \right. \\
 \left(x + \frac{D}{a^2 - I} \right)^2 + y^2 &= \frac{D^2}{a^2 - I} + \frac{D^2}{(a^2 - I)^2}
 \end{aligned}$$

poznata je jednačina kruga:

$$(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 = r^2$$

odavde sledi:

$$x_1 = \frac{D}{a^2 - I}, \quad y_1 = 0, \quad r_n = \sqrt{\frac{D^2}{a^2 - I} + \frac{D^2}{(a^2 - I)^2}}$$

odnosno:

$$r_n = D \cdot \frac{a}{a^2 - I} \quad (61)$$

gde je:

x_1 – za ovu veličinu treba produžiti veličinu D da bi se dobio centar zone neometanja;

D – rastojanje između ometačke stanice i stanice veze (pošto su obe lokacije poznate, može se izmeriti prema karti);

r_n – poluprečnik zone neometanja.

Određivanje zone neometanja dolazi u obzir kod radio-veza VVF/UVF opsega, pa je moguć takav raspored radio-stanica da ih neprijatelj ne može efikasno ometati. Uzmimo na primer vezu između VON (vazduhoplovni oficir za navođenje) i aviona, gde avion treba da nadleti VON u zoni neometanja da bi ga mogao navesti na cilj bez obzira na prisutno ometanje. Za brzo određivanje veličine x_1 i poluprečnika zone neometanja r_n mogu se unapred pripremiti dijagrami (primer je dat u prilogu br. 22). Polazimo od pretpostavke da nam je poznata veličina D , koju potražimo na apscisi, a zatim povučemo normalu do preseka sa pravama x_1 i P_o za predviđenu snagu ometača. Od preseka povučemo paralelne linije do ordinate gde očitavamo veličine x_1 i r_n (sve daljine date su u km).

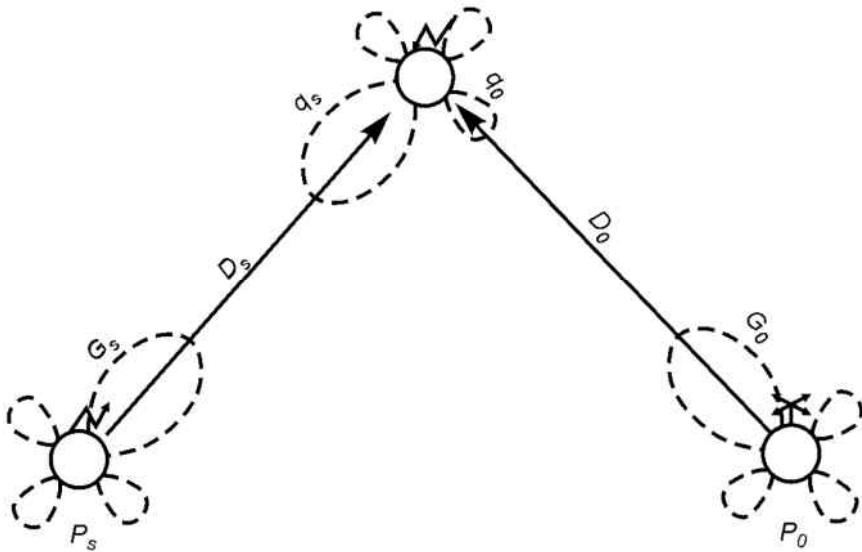
Na osnovu obrasca 10 za izračunavanje daljine ometanja u radio-vezama VF (VVF) opsega sledi da je:

$$D_s \leq D_0 \sqrt{\frac{P_s K_0}{P_0}} \quad (62)$$

Prema tome rastojanje između učesnika u vezi (D_s) direktno je proporcionalno daljini ometanja (D_0), pa se skraćivanjem rastojanja između učesnika smanjuje i daljina na kojoj se veza može uspešno ometati.

Pošto u borbenim dejstvima rastojanje između učesnika zavisi od borbenog rasporeda jedinica, to se ono može „skraćivati“ postavljanjem međustanica ili repetitora gde za to postoje uslovi materijalni i prostorni.

Izborom *snage predajnika*, kada je to moguće, postiže se amplitudna selekcija signala, koja spada u značajne mere PEZ. Ilustracija na slici 15.



Slika 15.

U opsegu iznad 30 MHz, kada se elektromagneti talasi prostiru u slobodnom prostoru (bez uticaja zemlje), a poznat je koeficijent ometanja, onda se potrebna snaga za ometanje neke radio-veze može izračunati prema:¹³⁴

$$P_0 = \frac{K_0 \cdot P_s \cdot G_s \cdot q_s \cdot D_0^2 \cdot \Delta f_s}{G_0 \cdot q_0 \cdot D_s^2 \cdot \Delta f_0 \cdot \gamma} \quad (63)$$

gde su:

G_s i G_0 – koeficijent pojačanja antene predajnika i ometača;

q_s – koeficijent pojačanja antene prijemnika u smeru predajnika;

q_0 – koeficijent pojačanja antene prijemnika u smeru ometača;

Δf_s – širina spektra signala;

Δf_0 – širina spektra smetnje;

γ – koeficijent koji definiše razliku polarizacije signala i smetnje (kada su jednake $\gamma = 1$).

¹³⁴ Literatura 13 i 21.

Ostale oznake (D_s , D_0 , P_s , P_0 i K_0) su poznate.

Primer:

Kolika treba da je snaga ometača (P_0), ako su: $K_0=1,5$; $P_s=10 \text{ W}$; $G_s=60$; $q_s=40$; $q_0=10$; $G_0=100$; $\Delta f_s = \Delta f_0 = 10 \text{ kHz}$; $D_s = 40 \text{ km}$; $D_0 = 50 \text{ km}$ i $\gamma = 1$.

$$P_0 = 56,25 \text{ W}.$$

Neprijatelj raspolaže ovakvom snagom ometača, pa treba izračunati koliko je potrebno povećati snagu našeg predajnika da bi obezbedili kvalitetan prenos informacija.

Analogno formuli za izračunavanje snage ometača (63), može se izračunati i potrebna snaga predajnika u radio-vezi:

$$P_s = \frac{P_0 \cdot G_0 \cdot q_0 \cdot D_s^2 \cdot \Delta f_0 \cdot \gamma}{K_0 \cdot G_s \cdot q_s \cdot D_0^2 \cdot \Delta f_s} \quad (64)$$

Primer:

Kolika treba da bude snaga predajnika (P_s), ako su: $K_0=1,5$; $G_s=60$; $q_s=40$; $q_0=10$; $G_0=100$; $P_0 = 100 \text{ W}$; $\Delta f_s = \Delta f_0 = 10 \text{ kHz}$; $D_s = 40 \text{ km}$; $D_0 = 50 \text{ km}$ i $\gamma = 1$.

$$P_s = 17,78 \text{ W}.$$

Ovaj nam primer pokazuje da pri upotrebi pojačivača snage od 50 W, kojim raspolažemo, možemo uspešno održavati vezu u navedenim uslovima.

Ako bi protivnik povećao snagu ometača na 500 W ($P_0 = 500 \text{ W}$), naš predajnik bi morao da ima snagu 88,89 W ($P_s = 88,89 \text{ W}$), što mi u ovom frekventnom opsegu ne možemo obezbediti. U ovim uslovima moraju se tražiti još neke mere PEZ.

Razmotrimo dalje uticaj *usmerenosti antene* na potrebnu snagu ometača ili daljinu ometanja, odnosno na potrebnu snagu predajnika ili rastojanje između učesnika u vezi, a koje je već analizirano.

Ako u prethodnom primeru sredstva veze i ometač koriste neusmerene antene, snaga predajnika mora biti znatno veća, odnosno umesto $P_s = 17,78 \text{ W}$, ona mora biti $P_s = 42,7 \text{ W}$. Ili kada samo ometač koristi usmerenu antenu sa $G_0=2$, snaga predajnika mora biti $P_s = 85,3 \text{ W}$.

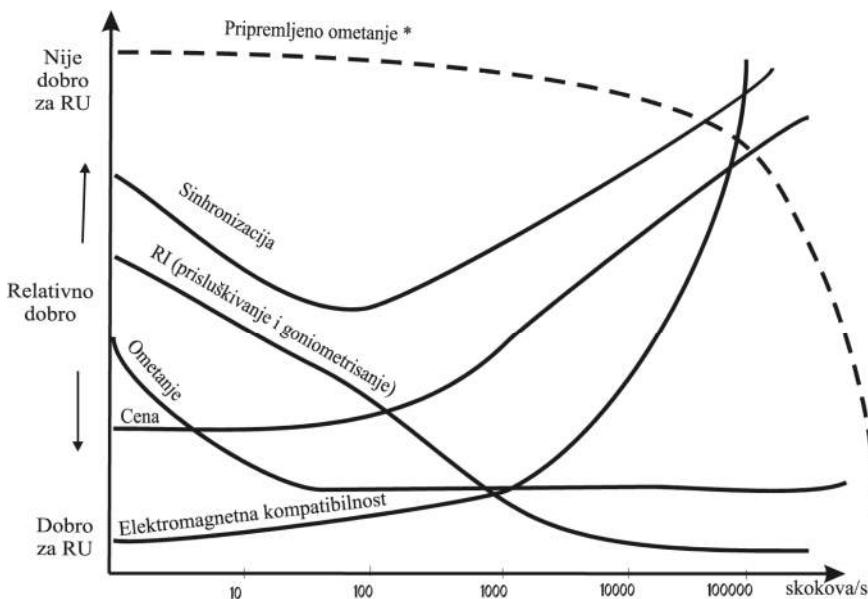
Izneti primjeri pokazuju značaj korišćenja usmerenih antena kojima se obavlja prostorna selekcija i predstavljaju značajnu meru PEZ.

Na iznetim primerima moguće je pokazati i *značaj polarizacije* kao mere PEZ (elementa γ).

U proceni treba sagledati gde se sve mogu koristiti usmerene antene i menjati polarizaciju, tj. gde je to tehnički moguće.

Sem toga treba sagledati da li raspolažemo antenskim sistemima s elektronskim upravljanjem nulom dijagrama usmerenosti¹³⁵ i gde bi im bila najcelišodnija upotreba.

Primena prenosa sa *ekspadovanim (proširenim sprektrom)* našla je široku primenu, pa čak i GPS (sistem za globalnu navigaciju – pozicioniranje) koristi prenos sa proširenim spektrom sa tzv. direktnom sekvencom, tj. prošireni spektar se ostvaruje pseudoslučajnim nizom (ključem). Takođe se koristi u oklopno-mehanizovanim jedinicama i dr. Primer mogućnosti izviđanja i ometanja ovih uređaja dat je u vidu dijagrama na sl. 16. Nekada nije moguće dati na ordinati ili apscisi numeričke vrednosti, već samo opisne. Ovde su na ordinati dati opisi šta je dobro, a šta nije za RU u odnosu na brzinu (broj) skakanja. Dijagrami su rađeni na osnovu empirijskih podataka i anticipaciji. Međutim, ovde nije analizirana širina skakanja, koja značajno podiže otpornost ovih uređaja na RI i EOM.



*Savremeni tzv. odgovarački ometači mogu se unapred programirati da pretražuju i ometaju određeni broj frekvencija (npr. 16 i više frekvencija).

Slika 16.

Izneti primeri procene efikasnosti pojedinačnih mera PEZ nedvojbeno pokazuju i dokazuju da će mere PEZ biti osnovni način za podizanje spremnosti

¹³⁵ Razvijeni su specijalni uređaji koji elektronski okreću dijagram usmerenosti antene, tzv. srcoидног (кардионог) oblika koji ima jedan minimum, sa ciljem da se on okreće ka smeru ometača, čime se obezbeđuje samo prijem korisnog signala. Ovakav uređaj je moguće koristiti samo onda kada se smer našeg učesnika i neprijateljevog ometača ne poklapaju.

sistema veza (koju u svakodnevnom žargonu nazivamo najčešće neprekidnost veza) i njegove ukupne efikasnosti u borbenim dejstvima. Treba naglasiti da navedene mere utiču na spremnost i efikasnost sistema veza u svim uslovima, tj. i kada sistem nije izložen dejstvima PEB protivnika, pa ih treba permanentno planirati, organizovati i realizovati, naravno konkretno za svaku situaciju na osnovu prethodne procene.

Zaštita sistema veze realizuje se u širem smislu, sem merama PEZ, kripto-zaštitom informacija, kontrolom vlastitog saobraćaja veze, merenjima kvaliteta kanala veze i svim poznatim merama fizičkog obezbeđenja (bezbednosnog, inžinjerijskog i PNH obezbeđenja, maskiranja i borbenog osiguranja).

Navedeni elementi nisu analizirani posebno, niti je učinjen eksplisitni pokušaj njihove procene efikasnosti. Međutim, implicitno i ovi elementi su sadržani u prethodnim primerima procene efikasnosti sistema veza i pojedinih mera PEZ. Takođe, procene fizičke zaštite elemenata sistema veza spadaju u domen „klasične“ procene kojoj podležu svi učesnici borbenih dejstava.

Za grupu mera PEZ nije moguće egzaktно unapred izračunati ili proceniti doprinos efikasnosti. Njihovu vrednost trebalo bi ustanoviti statističkom metodom, tj obradom empirijskih podataka sa raznih vežbi ili posebno organizovanih eksperimenata. U ovu grupu spadaju: stvaranje rezerve veze, izražavanje težišta u vezama, kontrola sopstvenog saobraćaja, uticaj obučenosti starešina i poslužilaca, i dr.

Bez obzira da li se za neku mero PEZ može unapred proceniti njen doprinos ukupnoj efikasnosti sistema veza njih treba što masovnije primenjivati, jer će se na taj način ispoljiti njihovo „kumulativno“ dejstvo.

Da bi se što pouzdanoje procenjivao doprinos mera PEZ ukupnoj efikasnosti sistema veza neophodno je na svim vežbama jedinica veze stvoriti uslove PEB (izviđanje, ometanje, obmanjivanje i davanje supozicije fizičkog uništenja), a zatim pratiti realizaciju mera PEZ i ceniti njihov doprinos u povećanju efikasnosti sistema veza u borbenim uslovima.

Značaj procene mera PEZ može se sagledati na prezentiranoj „Listi provere PEZ“¹³⁶ koja je namenjena kao pomoć oficirima veze i poslužiocima (u OS SAD) u primeni mera PEZ sistema veza i sistema za osmatranje u uslovima primene EI, PED i PEBD neprijatelja.

Osnovna pitanja su:

1. Da li je poznat raspored neprijateljevih sredstava (snaga) za PEB, odn. da li se mogu pretpostaviti njihovi rejoni – mesta nalaženja?
2. Da li je razmatrana (analizirana) mogućnost prekida veza?
3. Da li su planirani i organizovani alternativni načini komunikacija za najznačajnije učesnike (druge vrste veza)?

¹³⁶ Literatura 56.

4. Da li su najznačajnijim vezama rukovođenja i komandovanja dodeljene frekvencije koje je teško ometati (tzv. „bliska frekvencija“ – frekvencija koja je vrlo blizu frekvencije neke značajne veze protivnika)?

5. Da li su radio-spojni putevi planirani tako da imaju najbolje uslove propagacije?

6. Da li su organizovani alternativni (obilazni) spojni putevi?

7. Da li je planirana i organizovana kontrola saobraćaja veze?

8. Da li upravne stanice znaju načine promena pozivnih znakova i frekvencija?

9. Da li svo ljudstvo-poslužioci znaju pravilno da obavljaju saobraćaj veze i rad na stanicu?

10. Da li predajnici elektromagnetske energije rade s najmanjom mogućom snagom (samo nužna snaga zračenja)?

11. Da li poslužioci znaju da razlikuju namerno od nemamernog ometanja (raspajanje antene)?

12. Da li je planom osmatranja predviđena promena frekvencija i rezervni uređaji?

13. Da li se upotrebljavaju različite metode osmatranja (vizuelno osmatranje, bespilotne letilice, televizijsko osmatranje, IC uređaji, pojačivači svetlosti i drugi pasivni načini osmatranja)?

14. Da li se osmatrački uređaji dovoljno često premeštaju s jednog položaja na drugi?

15. Da li poslužioci uključuju predajnike samo kada je to potrebno?

16. Da li su predajnici postavljeni tako da dolazi do maksimalne apsorpcije bočnog dela zračenja i da li je pozadina cilja dobra?

17. Da li su korisnici veza obučeni i da li znaju da pišu izveštaje o ometanju?

18. Da li poslužioci prepoznaju EOM?

19. Da li postoji plan PEBD (lociranje i neutralisanje ometača neprijatelja)?

20. Da li poslužioci pravilno upotrebljavaju mere PEZ kao što su:

- rad u slobodnoj mreži nasuprot rada u vezanoj mreži;

- usmeravanje antena;

- jednosmerni rad;

- upotreba rezervnih frekvencija, i

- minimalno vreme predaje.

21. Da li uređaji koji imaju te mogućnosti, rade sa daljine (rad sa udaljenog ili izdvojenog mesta) da bi se sprečilo otkrivanje KM?

22. Da li se u organizovanim radio i radio-relejnim vezama odgovarajućih komandi – štabova koriste uređaji za kriptozaštitu, odn. razgovornici i dr?

23. Da li je svaka antena nekog većeg sistema tako postavljena da se na najbolji način koriste prednosti terena i da se smanji na minimum zračenje u smeru neprijatelja?

24. Da li su jedinicama na prednjim isturenim položajima dodeljene više frekvencije nego jedinicama u pozadini?

25. Da li su poslužioci sigurni da im uređaji ispravno rade, tj. da se snaga predajnika izrači i da je dobro podešen prijemnik, ispravna modulacija itd?

26. Da li poslužioci prepoznaju pokušaje obmanjivanja?

27. Da li poslužioci preduzimaju pravilne mere kada se suoče sa elektronskim ometanjem (nastavak sa radom, fino podešavanje, legitimisanje i dr.)?

NAPOMENA: mere na rednom broju 12, 13, 14 i 16 odnose se samo na sistem radarskog osmatranja.

Glava IV

UTICAJ NARUŠAVANJA EFIKASNOSTI SISTEMA VEZA NA EFIKASNOST RiK U BORBI

1. ULOGA INFORMACIJA U SISTEMU RUKOVOĐENJA I KOMANDOVANJA U BORBI

Rukovođenje i komandovanje (RiK)¹³⁷ podrazumeva najbolji način korišćenja sposobnosti ljudi i mogućnosti tehničkih sredstava (u odgovarajućem prostoru i vremenu) radi što efikasnije pripreme i izvođenja borbenih dejstava.

Aktivnost starešina i komandi u proceni situacije, donošenju odluke, naredivanju i izveštavanju zasniva se na različitim informacijama o neprijatelju, sopstvenim snagama, zemljištu i vremenu. Zato je rad starešina i komandi otežan, pa čak i nemoguć, ako se ne poznaje situacija i ako se ne raspolaže određenim informacijama. Da bi se mogao postaviti borbeni zadatak neophodno je prethodno prikupiti potrebne podatke, odnosno upoznati situaciju. Svaki akt rukovođenja i komandovanja: odluka, zapovest, naređenje i dr. sadrži odgovarajuću količinu informacija koju komandovanje koristi.

Prema tome, prikupljanje, obrada, dostavljanje i korišćenje informacija je stalni proces, tj. obavlja se do prijema i posle prijema borbenog zadatka.

To znači da su između prepostavljenih i potčinjenih starešina i komandi, između starešina i komandi jedinica koje sadejstvuju i susednih jedinica stalno u prometu brojne informacije o različitim elementima situacije na osnovu kojih se odlučuje, rukovodi i komanduje.

Informacije se mogu meriti po kvantitetu i kvalitetu.

Osnovna kvalitativna svojstva informacija su:¹³⁸ relevantnost (važnost), reprezentativnost (tačnost), aktuelnost (pravovremenost), potpunost, preciznost i razumljivost.

Od navedenih svojstava izdvojićemo (potenciraćemo) aktuelnost (pravovremenost) informacija koje se određuje na osnovu vremena koje protekne od otkrivanja određenog stanja – pojava pa do momenta iskorišćavanja informacija o tome. Ukoliko je vreme od otkrivanja do iskorišćavanja kraće, utoliko su veće

¹³⁷ Rukovođenje i komandovanje u borbi je delatnost komande na usmeravanju organizacijskih jedinica i svih subjekata odbrane u pripremi i izvođenju borbenih dejstava, odnosno postizanju ciljeva operacije (definicija je izvedena iz više definicija u internim pravilima).

¹³⁸ Literatura 19.

mogućnosti efikasnijeg preuzimanja akcije, što znači da je informacija bila pravovremena, i obratno. Nepravovremena informacija može dovesti do pogrešnih akcija, odnosno mera i postupaka. Zbog intenziteta promena borbene situacije teško je uvek obezbediti pravovremeno pristizanje i iskorишćavanje informacija. Prikupljene informacije brzo zastarevaju, pa su starešine i komande prisiljene da se u procenama oslanjaju i na predviđanje toka događaja.

Brojni činioci utiču na pravovremenost informacija od kojih su najznačajniji: način organizovanja prikupljanja i obrade informacija; način dostavljanja – prenošenja informacija i uticaj neprijatelja na proces prikupljanja, obrade i prenošenja informacija.

Prema tome, za efikasno RiK u operaciji treba dobiti i „bitku informacija“. Iz iznetog sledi potreba da se elementarno obrazloži pojam informacija.

Pod pojmom informacija¹³⁹ podrazumevaćemo poruku ili saopštenje (vest), odnosno to je sadržaj određenog smisla i značaja. Ona se najčešće prenosi u obliku teleograma. Može biti: pisani tekst, crtež, slika, zvuk (govor, muzika i sl.) i dr. U uredajima veze generiše se u električne signale.¹⁴⁰

Uticaj informacije na njenog primaoca može se sastojati u izboru odluke, pokretanju procesa obrade i čuvanja podataka, uklanjanju neznanja, daljem prenošenju informacije itd.

Informacije cirkulišu od izvora informacija¹⁴¹ ka korisnicima, a tok informacija ima svoje parametre, kao što su količina (obim) svake informacije, učestalost (intenzitet) pojavljivanja; hitnost (brzina) predaje, adresa (za jednog ili više učesnika); oblik (forma) informacije i tajnost informacije.

Već je dat pojam informacije, a količinu informacije objasnićemo na sledeći način. Pretpostavimo da je reč o nekom događaju i neka je njegova realizacija neizvesna. Dakle, ona unapred nije određena, niti nam je poznata. Kada se taj događaj desi i kada o njemu saznamo, smatramo da smo stekli ili primili neku informaciju. Prema tome, u suštini samog pojma informacije i onog za šta je vezan, krije se neka neizvesnost koja se sticanjem informacije

¹³⁹ Informacija ima vrlo široko značenje, a mi ćemo dati samo neka. Informacija može da bude svaka vrsta spoljnih podataka (saopštenja), vest o stanju nečega ili nekoga, o nekom događaju, dejstvu spoljne sredine na organizam, znanju koje čovek stiče u procesu učenja, praktičnom radu ili dodiru sa drugim ljudima i prirodom uopšte. Informacija je sve što odražava subjektivni (svesni) model objektivne stvarnosti (literatura 12).

¹⁴⁰ Ovako je definisana poruka i informacija u internoj literaturi.

¹⁴¹ Svaki objekat koji generiše (proizvodi, bira, oformljuje) poruke koje treba da se prenose do određenog primaoca (korisnika informacije) naziva se izvor informacija. Rukovodioци, komandanti i komande, izviđačke jedinice, pisci, govornici, knjige, novine, fizička sredina, razni instrumenti (termometar, barometar, busola), svaki čovek – sve su to izvori informacija (literatura 12).

Izvori informacija su i osmatrački uređaji, TV kamere, senzori itd. Danas je veliki izvor i obradivač informacija RAČUNAR, pa prenos podataka (DATA) postaje imperativ.

eliminiše. Pošto verovatnoće oko odigravanja nekog događaja nisu jednake, očigledno je da i informacije među sobom nisu jednake, te da se mora naći način da se one porede ili mere. Tako dolazimo do pojma količine informacije¹⁴² i jedinice za merenje količine informacije.

Dalje definisanje ovog pojma nije potrebno, već ćemo izneti naš pristup ovom pitanju.

Kao mera za količinu pisane informacije nama je poslužila stranica papira formata A-4¹⁴³ (210×297 mm) na kojoj se pisaćom mašinom može otkucati 2000 znakova (standardne veličine slova i proreda), odnosno to je poruka u obliku telegrama¹⁴⁴ od 400 grupa, kada je telegram šifrovan, a svaku grupu obrazuje 5 znakova. Za gorovne informacije kao mera služio je prosečan razgovor u trajanju od 3 minuta, koji bi kada se napiše, takođe stao na stranicu papira formata A-4. To znači da je jedan prosečan razgovor, kao mera gorovne informacije, ekvivalentan stranici papira formata A-4 pisane informacije.

Sagledati i odrediti količinu informacija koju komanda treba da prenese kanalima veze do komande potčinjenih jedinica i obratno, u nekom određenom vremenu je veoma teško, jer ta količina informacija zavisi od konkretne situacije, tj. da li je period pripreme ili izvođenja operacije, vida i faze izvođenja

¹⁴² Mera za količinu informacija izvodi se preko verovatnoće ostvarivanja nekog događaja i entropije, a jedinica za merenje količine informacija je „bit“ (skraćenica od „binary digit“), literatura 12. Uslovno se količina informacija stranice A-4 može vrednovati kao 22000 bita, kada za jedno slovo uzimamo oko 11 bita. Sva dokumenta i karte komandovanja mogu se izraziti u bitima (bajtovima), gde je primjenjeni kod posebno značajan.

¹⁴³ Ovim načinom se u stvari izražava fizički obim informacije, a ta mera je pogodna da se slikovito prikaže količina informacija. Inače, ona nigde ne egzistira kao zvanična mera. Statistički podaci pokazuju da čovek za jedan minut izgovori oko 150 reči, a to znači da za tri minute izgovori oko 400–450 reči, koje se mogu napisati na stranicu A4, što potvrđuje gornju konstataciju. Na ovaj način jedna slika se može posmatrati kao više desetina stranica A4.

U teoriji i praksi saobraćaja veze (saobraćajnog opterećenja) egzistira i merna jedinica ERLANG, a proračun se izvodi prema obrascu za saobraćajna opterećenja (Y): $Y = N \cdot n \cdot t$ [erl]

N – broj učesnika centra veze (čvorista),

n – broj poziva u času glavnog saobraćajnog opterećenja (dobija se statističkim putem), i

t – prosečno vreme trajanja komunikacije (razgovora, prenosa teksta i dr.)

Načelno se usvaja (prema statističkim podacima) da je: n = 3, a t = 3 minuta (razgovora) pa je $Y = 3 \cdot \frac{3}{60} \cdot N = \frac{3}{20} \cdot N$ ili 0,15 erl, po jednom učesniku u telefonskom saobraćaju.

¹⁴⁴ Telegram je vrsta poruke koja je po obliku prilagođena za prenos sredstvima veze. Može biti pisani tekst, crtež ili slika. Kada je telegram u pisanim oblicima, po pravilu, treba da bude kratak, jasan i nedvosmislen. Ima sve sastavne delove akta, osim kratkog sadržaja. Izuzetno, ako je tekst telegram duži od jedne stranice (formata A-4) mora imati i kratak sadržaj.

Prema smeru prenosa telegrami mogu biti polazni, dolazni i tranzitni. Polazni je onaj telegram koji se šalje, dolazni – koji je primljen, a tranzitni onaj koji se od pošiljaoca do primaoca prosleđuje.

Telegram se može preneti u otvorenom ili kriptološki zaštićenom obliku.

operacije itd.¹⁴⁵ Na prvi pogled izgleda nemoguće odrediti tu količinu informacija, jer će toliko različitih faktora uticati na nju, međutim, ona se može orientirno odrediti statistički. Predmet našeg razmatranja bile su samo dve veličine, i to: količina pisane informacije i druga – količina gorovne informacije koju smo izrazili u broju stranica A-4, odnosno broju prosečnih razgovora u toku dana po starešini. Dalja elaboracija količine informacija nije neophodna, s obzirom da su rezultati statističke obrade (razlozi posmatranja ovih komandi su već istaknuti) količine informacije (pisanih i gorovnih), na KM strategijsko-operativne komande, prezentirani u glavi II, poglavje 3 i u prilogu broj 19.

Prema stepenu potpunosti (količini), informacije koje su neophodne za rešavanje nekog zadatka možemo podeliti na nepotpune, potpune i preobilne. Pod nepotpunim informacijama podrazumevamo nedovoljne informacije za rešavanje postavljenog zadatka, a pod potpunim neophodne i dovoljne za rešavanje postavljenog zadatka. Sve druge informacije (dopunske uz potpune) predstavljajuće preobilne informacije.

Pisane informacije prenose se u sistemu veza telegrafskim saobraćajem,¹⁴⁶ i to teleprinterom, faksimilom ili računarom, a gorovne informacije – telefonskim saobraćajem.¹⁴⁷ Savremeni sistemi raspolažu tzv. *univerzalnim terminalima*, ali i *centrima za komutaciju negorovnih informacija*.

Prema značaju i važnosti podataka koje informacije (telegrami) sadrže, one se dele na tajne i netajne (otvorene).

¹⁴⁵ U borbenim dejstvima količina informacija zavisi i od sledećih faktora: FAZE I VRSTE borbenih dejstava (priprema ili izvođenje operacije, napadna ili odbrambena operacija i dr. u odbrani se na primer očekuje veća količina informacija); BROJA potčinjenih, podržavajućih i sadestvujućih jedinica; USLOVA izvođenja operacije (u početnom ili daljem toku rata, jer za početni period postoje razrađeni planovi i zapovesti); TERITORIJE izvođenja operacije (matično ili ne, jer će van matične teritorije biti neophodno za odlučivanje više informacija o teritoriji); OBUCENOSTI i UVEŽBANOSTI komandi i štabova u štabnim poslovima (da razni organi komande ne traže od potčinjenih jedne iste podatke, da se stvaralački ispunjava zahtev da se informacije o vlastitim snagama prikupljaju za dva stepena niže i drugo); INDIVIDUALNIH OSOBINA starešina komandi i štabova (sposobnost da jasno i kratko formulisu zapovesti, naređenja, izveštaje, i dr.), i VRSTE I OBRADE informacija (da li su pisane, gorovne, šeme itd.; kako je organizovan način prikupljanja obaveštajnih i drugih informacija; kako se obrađuju informacije; kako se prenose informacije rukovodenja i komandovanja, sadejstva i dr.).

¹⁴⁶ Saobraćaj veza je proces prenosa poruka. Prema vrsti poruka koje se prenose može biti: telefonski, telegrafski, faksimilski, televizijski, prenos podataka, telesignalizacije i telekomandi, signalni i kurirski. Treba naglasiti da telegrafski saobraćaj morzeovim kodom prestaje da se koristi, u nekim armijama.

¹⁴⁷ Savremeni sistemi veza obezbeđuju prenos svih oblika informacija na više načina, a sada je masovna elektronska pošta (E-mail), prenos poruka u paketima, te prenos pokretne i nepokretne slike.

Možemo konstatovati da u pripremi i izvođenju operacija, gro informacija predstavljaju, zavisno od njihovog značaja, određenu tajnu. Na tajne informacije se pri prenosu sredstvima veze primenjuju mere kriptozaštite.¹⁴⁸

U toku borbenih dejstava treba komandanta i načelnika štaba odmah upoznati sa nekim informacijama, a to su, pre svega sledeće informacije: o početku dejstva neprijatelja (početak artiljerijske pripreme, početak napada i drugo); o pojavi i spuštanju VD neprijatelja; o nuklearnim ili hemijskim udarima neprijatelja; o pojavi novih borbenih sredstava u borbenom poretku neprijatelja; o većim gubicima jedinica u ljudstvu; o inicijativno donetim odlukama potčinjenih; o narušenom sadejstvu; o narušenom sistemu veza i o svim drugim pojavama i podacima koji su sa stanovišta donošenja odluke vrlo značajni, odnosno koji zahtevaju da se neodložno (odmah) preduzimaju akcije.

Zato informacije možemo klasifikovati zavisno od hitnosti, pa prema stepenu hitnosti¹⁴⁹ telegrami mogu biti: obični, bez oznake hitnosti; hitni, sa oznakom „HITNO“, i vrlo hitni, sa oznakom „VRLO HITNO“.

Telegramom bez oznake hitnosti prenose se informacije koje se odnose na redovne poslove i zadatke. U pogledu obrade, prenosa i uručenja korisniku ne zahtevaju poseban tretman, već se obrađuju i prenose po redosledu pristizanja u ekspediciju centra veze (ECV).

Telegrami sa oznakom „HITNO“ pri obradi i prenosu imaju prioritet u odnosu na telegrame koji nisu hitni. Oznakom „HITNO“ označavaju se telegrami koji zbog važnosti i informacije ili roka izvršenja zadatka moraju biti pravovremeno uručeni komandantu (primaocu). Oni se moraju uručiti najkasnije do određenog roka od momenta prijema u ECV primaoca. Ako se iz bilo kojih razloga ovakav telegram ne može preneti i uručiti korisniku u određenom roku, obaveštava se pošiljalac.

Telegrami sa oznakom „VRLO HITNO“ imaju apsolutni prioritet pri obradi, prenosu, raspoređivanju, uručenju korisniku u odnosu na sve druge telegrame. Uručuju se korisniku u svako vreme i na najbrži način. Ovom oznakom hitnosti označavaju se telegrami čija je informacija izuzetno značajna i zahteva hitne postupke.

Odluke o postavljanju oznake hitnosti donosi starešina koji potpisuje telegram.

Pri prenosu telegrama sredstvima veze, obeležavanje hitnosti se posebno propisuje.¹⁵⁰

¹⁴⁸ Prema internoj literaturi.

¹⁴⁹ Prema internoj literaturi (danas je sve navedeno preneto u elektronski oblik rada ali opisani sistem treba sačuvati za borbene uslove u kojima borbeni sistem neće moći funkcionisati).

¹⁵⁰ Ako neka razmatranja o prenosu informacija, u odnosu na mogućnosti današnjih (savremenih) telekomunikacija, izgledaju anahrono, onda treba naglasiti da se ovde razmatraju *borbeni uslovi*, a da će neki od visokosofisticiranih sistema telekomunikacija (npr. mobilna telefonija) verovatno biti narušeni u borbenim uslovima. Treba istaći da i specijalna vojna

Dva značajna oblika informacija su nepokretna i pokretna slika i podaci (DATA), koji će najčešće zahtevati prenos u realnom vremenu.

Sledi, da je za efikasan rad svake komande u borbi neophodno permanentno prikupljanje informacija, pravovremena i kvalitetna analiza i obrada nailazećih informacija, te njihovo „čišćenje“ od svih mogućih „primesa“ koji ih izobličavaju, a sistem veza treba da obezbedi pravovremen, kvalitetan i tajan prenos informacija.

2. ODNOS RUKOVOĐENJA I KOMANDOVANJA I KOLIČINE INFORMACIJA

Na proces RiK deluju određeni zakoni ili zakonitosti. Jedan od njih je zakon zavisnosti efikasnosti RiK od količine raspoloživih informacija.¹⁵¹

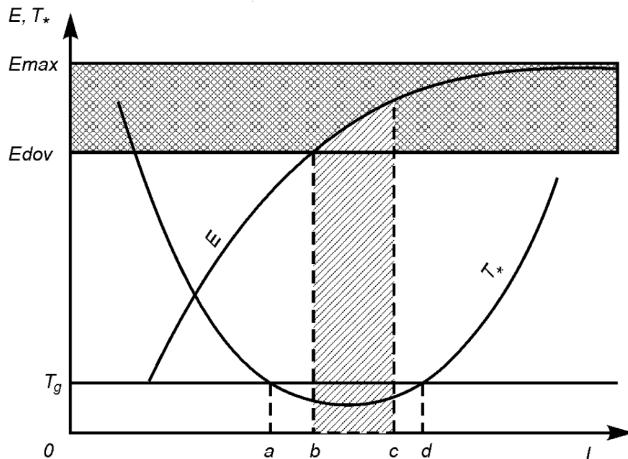
On izražava vezu i međuzavisnost, koje objektivno postoje u procesu RiK između kvaliteta izvršavanja zadatka i količine informacija koja je raspoloživa u toku rešavanja tih zadatka.

Za rešavanje svakog zadatka u procesu RiK organima komande neophodna je određena količina informacija. Povećavanje ili smanjivanje količine podataka ne dovodi do jednoznačnih promena efikasnosti primenjenih rešenja RiK i trošenja vremena za donošenje odluke.

Zavisnost između efikasnosti RiK (E) u rešavanju zadatka, vremena utrošenog na donošenje odluke (T^*) i količine raspoloživih informacija (I) pokazana je na slici 17.

mobilna telefonija nije potpuno otporna na sve oblike ometanja. Takođe, i najsavremenije digitalne komunikacije imaju određene «slabe tačke», kao što su: širok frekvencijski opseg vremenskog multipleksa, probleme sinhronizacije i šum kvantizacije, a njih će "napasti" snage za elektronsko ometanje. Prenos svih oblika informacija bitskim brzinama u sekundi prema internet protokolima, zahteva drugačiju tehniku i tehnologiju praćenja ometanja i uništavanja, posebno koaksijalnih i optičkih kablova.

¹⁵¹ Na osnovu literature 24. moguće je postaviti pitanje da li je ovo dejstvo uvek zakonito ili ne. Verovatno se najčešće može tretirati kao princip.



Slika 17.

Mehanizam dejstva ovog zakona pokazuje da sa povećanjem količine dolazećih informacija, efikasnost RiK (kriva E) brzo raste, odnosno, posle prikupljanja dovoljne količine informacija, njeno dalje povećanje ne dovodi do značajnog povećanja efikasnosti RiK. U izvršavanju borbenih zadataka, kada bi raspolagali svim informacijama o vlastitim snagama, protivniku i uslovima borbene situacije (prostoru i vremenu) moguće je ostvariti maksimalnu (optimalnu) efikasnost (E_{max}). Međutim, najčešće se neće raspolagati sa svim informacijama, a posebno o protivniku,¹⁵² pa se moramo zadovoljiti realizacijom neke dovoljne (suboptimalne) efikasnosti (E_{dov}). Prema tome, sva rešenja zadataka kojima se ostvaruje efikasnost RiK između E_{max} i E_{dov} su zadovoljavajuća.

Za dalju analizu efikasnosti RiK neophodno je analizirati i odnos količine informacija i neophodnog vremena za donošenje odluke (kriva T^*). Kada komanda nema dovoljno informacija, ona troši mnogo vremena na rešavanje zadataka i donošenje odluka, jer radi u velikoj neizvesnosti (entropiji) i mora da analizira velik broj varijanti rešenja da bi izabrala najprihvatljiviju. Sa povećanjem količine raspoloživih informacija broj varijanti koje podležu analizi se smanjuje, efikasnost RiK raste, a vreme koje troši komanda se smanjuje.

Dalje povećanje količine informacija dovodi do povećanja vremena za donošenje odluke. To je povezano sa obiljem informacija, pa je za njihovu analizu, izdvajanje bitnih od manje bitnih itd. potrebno više vremena. Međutim, obilje informacija neznatno povećava efikasnost sistema RiK.

¹⁵² Protivnik uvek brižljivo maskira svoje planove, stara se da dezinformiše protivničku stranu i da je uputi u lažnom pravcu. Zato obaveštenja o protivniku imaju dosta visok stepen neodređenosti i pravilna procena situacije i donošenja odluke bez greške zahteva od komandanta i komandi ne samo znanja, već i maksimalnu mobilizaciju njihove vojne veštine i sposobnosti za predviđanje i prognoziranje.

Kada je vreme za donošenje odluke ograničeno (T_g), što će biti najčešće slučaj, tada je dovoljna količina informacija u intervalu $a - d$, jer obezbeđuje rešavanje zadatka u zadatom vremenu. Količina informacija u intervalu $b-c$ obezbeđuje najveću efikasnost RiK, tj. donošenje optimalne odluke u najkraćem vremenu.

Mehanizam dejstva navedenog zakona (zakonitosti ili principa) iziskuje konkretno rešavanje pitanja usavršavanja tehnike i tehnologije, odnosno organizacije RiK. Najznačajniji problem savremenog RiK je prikupljanje, obrada, predaja i čuvanje informacija. Izučavanje i praktična provera ovog zakona u konkretnoj komandi može se sprovoditi putem eksperimenta, s ciljem da se brojčano ustanove količina i sadržaj informacija, koji su neophodni za efikasno rešavanje svakog zadatka iz RiK u određenom roku.

Poznavanje delovanja navedenog zakona neophodno je pri planiranju mera za povećanje žilavosti, pouzdanosti i protivelektronske zaštite sredstava i sistema prikupljanja, obrade, predaje i prikazivanja informacija. Nedostaci u njihovom radu dovode do gubitka ili zadržavanja dela informacija, što smanjuje efikasnost RiK pri rešavanju zadataka.

Iz iznetog je očigledan zadatak sistema veza koji mora da obezbedi prenos određene – dovoljne količine informacija, kako bi stvorio što povoljnije uslove sistemu RiK u procesu donošenja odluke. Ako neprijatelj uspe da naruši efikasnost sistema veza, on na taj način stavlja naš sistem RiK u situaciju da rešava zadatke sa nedovoljnom količinom informacija čime se dovodi u pitanje i njegova efikasnost.

REKAPITULACIJA

Glava I

1. SISTEM VEZA OS izložen je neprekidnom elektronskom izviđanju sa kopna, mora, vazdušnog prostora i kosmosa, sa različitim vrstama elektronskog izviđanja, a najznačajnije je radio-izviđanje. U borbenim dejstvima, sem elektronskog izviđanja, bio bi izložen protivelektronskim dejstvima (ometanju i obmanjivanju) i protivelektronskim borbenim dejstvima. Međutim, ne može se isključiti mogućnost ometanja radio- i radio-relejnih veza i u miru.

Trend razvoja sredstava i sistema za elektronsko izviđanje i ometanje prati razvoj sistema veza, pa bez obzira na nivo savremenosti digitalnog i integrisanog sistema komunikacija, on u borbenim dejstvima može biti ugrožen (izviđan i ometan). Treba apostrofirati i činjenicu da su komandna mesta, centri veze i ostali elementi sistema veza posebno rentabilni ciljevi za sve vrste oružja, pa i nuklearnog i ostalog oružja za masovno uništavanje, čime se ugroženost sistema veza u borbenim dejstvima još više ističe.

2. U STRANIM ARMIJAMA razvijene su jedinice za elektronsko izviđanje i protivelektronska dejstva, gde značajno mesto zauzimaju jedinice za radio-izviđanje i elektronsko ometanje sistema veza.

Za sada su ove jedinice uvedene u organizacijsko-formacijske sastave divizija, eventualno brigada, viših jedinica i sastava u KoV-u, odnosno u ekvivalentnim jedinicama u RV i RM, uključujući i pojedinačnu zaštitu vazduhoplova i brodova, pa i kopnenih borbenih sredstava.

Organizacijsko-formacijska struktura ovih jedinica prilagođena je izvršavanju zadataka izviđanja i ometanja bežičnih veza u širokom frekventnom opsegu: veza rukovođenja i komandovanja jedinicama na težištu borbenih dejstava; veza vatrene podrške (artiljerijske i avio); veza sistema PVO i drugo.

Borbeni raspored (poredak), grupisanje i načini izvršavanja zadataka jedinica za Ei i PED prilagođavaju se, takođe, borbenim uslovima ali su i limitirane taktičko-tehničkim mogućnostima.

„Borbene mogućnosti“ tj. mogućnosti izviđanja i ometanja snaga za EI i PED koncipirane su prema nivou (taktički, operativni ili strategijski) i broju najvažnijih veza protivnika, koje bi trebale da izviđaju i ometaju u borbenim dejstvima.

Da bi ostvario što efikasniju „podršku“ dejstvu svojih snaga, neprijatelj razmešta snage za PEB, najvećim delom, u taktičkoj dubini borbenog rasporeda. Osnovni princip upotrebe ovih snaga je izbor i izražavanje težišta.

3. PROCENA MOGUĆNOSTI SNAGA ZA EI I PED potencijalnog neprijatelja preko prostog „odnosa snaga“, upoređenjem broja sredstava protivnika za EI i PED i broja vlastitih bežičnih veza je nepouzdana, a zaključak o ugroženosti sistema veza je potpuno subjektivan. Da bi se obezbedila

pouzdanija, objektivnija i brža procena mogućnosti snaga za EI i PED, a i za PEBD, neophodno je koristiti kvantitativne metode.

Procena, odnosno proračun efikasnosti elektronskog izviđanja, protivelektronских dejstava i protivelektronskih borbenih dejstava neprijatelja, u određenim uslovima, može se obavljati prema različitim kriterijumima, a pre svega: daljini dejstva kao prostornoj kategoriji, verovatnoći dejstva kao vremenskoj kategoriji i srednjem broju ostvarenog dejstva (izviđanih, ometanih ili uništenih elemenata sistema veza) kao kategoriji odnosa snaga (ljudskih i materijalnih).

1) Procena mogućnosti neprijateljevih jedinica za radio-izviđanje može se realizovati procenom daljine izviđanja, verovatnoće izviđanja i srednjeg broja izviđanih radio-veza, te procene mogućnosti radio-goniometrisanja. Ako se u proceni koriste kvantitativne metode može se postići objektivnija, pouzdanija i brža procena, jer se mogućnosti neprijateljevih jedinica za radio-izviđanje mogu egzaktno proceniti.

(1) *Procena daljine izviđanja* obavlja se u zavisnosti od frekventnog opsega i komponente elektromagnetskog talasa koju neprijatelj može izviđati. S obzirom na složenost matematičkog izračunavanja, daljina izviđanja površinskih talasa najbrže se može proceniti – odrediti pomoću dijagrama (krivih) koje publikuje Međunarodni konsultativni komitet za radio (CCIR). Za to je potrebno poznavati ili proceniti osetljivost neprijateljevog izviđačkog prijemnika, a poznate su nam karakteristike terena na kome se održavaju radio-veze i radne frekvencije. Kod određivanja daljine izviđanja direktnih talasa može se koristiti obrazac 3, uz uslov da je poznata ili procenjena i visina antene neprijateljevog izviđačkog uređaja, jer je visina predajne antene radio-veze koja se izviđa poznata. Procena daljine izviđanja prostornih talasa moguća je korišćenjem proračuna za planiranje radio-veza koje se održavaju jonosferskim (prostornim) talasima. Ovi proračuni su složeni, ali korišćenjem računara ili pripremljenih tabela oni postaju pristupačni i brzi. Pouzdanoć procene izražava rezultat verovatnoće, sa kojom se radio-veza može izviđati na određenoj daljini koja se dobija u proračunu.

Izneti primeri procene daljine izviđanja su poznati (obrađeni su na različite načine u javno publikованoj i internoj literaturi) i do sada su korišćeni u procenama, ali nedovoljno.

U radu su prezentirani zbog sagledavanja ukupnog procesa procene.

(2) *Procena verovatnoće izviđanja radio-veza* moguća je na više načina. U radu su prezentirana dva načina procene verovatnoće izviđanja. Prvi je preuzet iz strane interne literature (obrazac 4), a drugi je pomoću teorije masovnog opsluživanja. Primena teorije masovnog opsluživanja za izračunavanje verovatnoće izviđanja je jednostavna, laka za primenu i zadovoljava pouzdanost procene. Za primenu ove teorije potrebno je poznavati ili proceniti broj neprijateljevih izviđačkih prijemnika koje neprijatelj može upotrebiti u određenoj zoni. Na osnovu proračunate daljine izviđanja odredićemo zonu koju

neprijatelj može izviđati, a intenzitet saobraćaja u ovim radio-vezama nam je poznat, jer ga mi planiramo.

Komparirani su rezultati oba načina (metoda) procene verovatnoće izviđanja. Bliski rezultati potvrđuju upotrebnu vrednost obe metode. Primena teorije masovnog opsluživanja je jednostavnija, ali empirijska formula uzima u obzir veći broj parametara.

(3) *Procena srednjeg broja radio-veza koje će biti izviđane* uzima u obzir oba kriterijuma koja smo već procenili i još nove parametre: srednji broj neprijateljevih prijemnika koji neće moći izviđati iz bilo kojih razloga, njihovu pouzdanost i broj ostalih radio-veza (radnih i lažnih) koje se nalaze u zoni izviđanja. Na prezentiranom modelu 7 moguće je menjati pojedine parametre u određenim dijapazonima i na taj način proceniti mogućnosti neprijatelja u izviđanju naših radio-veza objektivnije i pouzdanije.

U radu je prikazana i upotrebnna vrednost ovog modela kroz različite primere.

(4) *Procena mogućnosti radio-goniometrisanja* može se realizovati procenom daljine (dubine) goniometrisanja; verovatnoćom goniometrisanja, brojem radio-stanica koje će biti goniometrisane, i tačnošću goniometrisanja kao najznačajnijem elementu u oceni ukupne efikasnosti goniometrisanja. Ovakav pristup proceni mogućnosti radio-goniometrisanja je rezultat empirijskog iskustva autora ove knjige.

2) Procena mogućnosti neprijateljevih jedinica za elektronsko ometanje sistema veza može se realizovati procenom daljine ometanja, verovatnoće ometanja i srednjeg broja radio-veza koje će biti ometane, takođe, uz primenu kvantitativnih metoda.

(1) *Procena daljine ometanja* prema formulama 10, 11 i 12, zavisno od vrste talasa i radio-veze koja se ometa, je jednostavna, brza i pouzdana, a od podataka o neprijatelju potrebno je poznavati ili proceniti snagu njegovih ometača i mesto razmeštanja.

Navedeni primeri procene daljine ometanja su poznati (obrađeni su u javno publikованoj stranoj i domaćoj literaturi, a i u domaćoj internoj literaturi) i do sada su korišćeni u procenama.

Radi sagledavanja ukupnog procesa procene bio je neophodan njihov prikaz, adekvatno proceni daljine izviđanja.

(2) *Procena verovatnoće ometanja* primenom teorije masovnog opsluživanja je adekvatna proceni verovatnoće izviđanja, s tim što je i ona jedan od ulaznih parametara, a broj neprijateljevih ometača je potrebno poznavati ili proceniti. S obzirom da su osnovni parametri, na osnovu kojih se razmatra verovatnoća ometanja, vremenske kategorije može se zaključiti da je i verovatnoća ometanja u ovom slučaju vremenska kategorija. Na osnovu ove verovatnoće, u daljoj proceni, odrediće se stepen narušavanja radio- i drugih bežičnih veza.

(3) *Procena srednjeg broja radio-veza koje će biti ometane* analogna je proceni srednjeg broja radio-veza koje će biti izviđane, ali sa većim brojem ulaznih parametara (verovatnoča izviđanja i verovatnoće ometanja na različitom zemljisu su dodatni ulazni parametri), pa procena dobija još više na sveobuhvatnosti i pouzdanosti. Primena ovog modela je, takođe nova, kao i prezentirani primjeri njegove upotrebe vrednosti.

3) Procena mogućnosti neprijateljevih jedinica za PEVD je najsloženija i teško je realizovati sveobuhvatnu procenu. Može se posebno procenjivati uticaj konvencionalnog, odnosno nuklearnog oružja. Sem toga, i ovde je moguća primena teorije masovnog opsluživanja u proceni verovatnoće uništenja elemenata sistema veza.

(1) *Procena mogućnosti neprijatelja da PEVD konvencionalnim sredstvima* naruši naš sistem veza, kada se može proceniti sa kojim sredstvima će neprijatelj dejstvovati po elementima sistema veza, moguća je primenom obrasca (modela) 19 i 19/1. Ova procena nam daje srednji broj objekata po kojima će neprijatelj dejstvovati, ali je za njeno izračunavanje potrebna verovatnoća izvršenja zadatka.

Procena verovatnoće uništenja elemenata sistema veza primenom teorije masovnog opsluživanja je treći primer korišćenja ove teorije u proceni mogućnosti neprijateljevih snaga za EI, PED i PEVD, u konkretnom slučaju samo za PEVD.

Da bi se realizovala ova procena, neophodno je poznavati ili proceniti broj i vrstu neprijateljevih snaga koje će dejstvovati po nekom elementu sistema veza, kao i verovatnoću sa kojom će ovaj cilj (element sistema veza) biti otkriven. I ovaj parametar se može izračunati pomoću teorije masovnog opsluživanja, ali nije eksplicitno obrađen jer je postupak istovetan sa računanjem verovatnoće izviđanja bežičnih veza, odnosno ova verovatnoća otkrivanja elemenata sistema veza je najčešće skup različitih načina izviđanja.

Parametar na koji mi utičemo (najvećim delom) je premeštanje elemenata sistema veza, tj. to je naša pokretljivost od koje – uz navedene parametre neprijatelja – zavisi kolika će biti verovatnoća uništenja određenog (posmatranog) elementa sistema veza.

Ni ovaj segment procene ugroženosti naših elemenata sistema veza do sada nije bio teorijski, a ni praktično korišćen u našoj praksi.

(2) *Procena, odnosno proračun učinka nuklearnog oružja* na sistem veza je, takođe, vrlo složena, a u radu je samo prezentirana mogućnost procene uticaja elektromagnetskog dejstva nuklearne eksplozije na sistem veza. Procena EMINE je moguća preko radiusa dejstva, jačine električnog polja i verovatnoće oštećenja sredstava veze. Na sličan način bila bi moguća i procena učinka E-bombe. Uticaj dopunske ionizacije na prekide u radio-vezama je manje egzaktan, a moguć je na osnovu statističke obrade eksperimenata (preuzetih iz stranih

armija). Poenta ove procene je sagledavanje mera zaštite, koje se mogu primeniti.

4) Opšti zaključak u prezentiranoj proceni mogućnosti neprijateljevih snaga za EI, PED i PEBD je:

- do sada u našoj vojnoj teoriji nije bila razrađena procena mogućnosti neprijatelja u EI, ED i PEBD primenom teorije masovnog opsluživanja;
- matematički modeli 7, 16 i 19 su, takođe teorijske novine u proceni neprijateljevih mogućnosti u EI, PED i PEBD na sistem veza (već je istaknuto da su se slični modeli koristili u procenama, ali ne u oblasti PEB i sistemu veza), i
- ukupna metoda procene koju rad prezentira predstavlja novinu, a pruža mogućnost da se postigne značajan doprinos u postizanju brzine, objektivnosti i pouzdanosti procene u odnosu na postojeću (klasičnu procenu), koja je obrađena u pravilima i uputstvima. Ova procena je u svakodnevnoj praksi koristila za procenu mogućnosti snaga za EI, PED i PEBD neprijatelja najviše oko 50 parametara (činioca), a predložena metoda procene analizira preko 100 parametara (činilaca). U prvom slučaju zaključak o efikasnosti ugrožavanja sistema veza je čisto subjektivan na tzv. „odnosu snaga“ u određenoj zoni dejstva, a u drugom slučaju, uz primenu navedenih matematičkih modela, zaključak je izražen kvantitativno, što znači da se na osnovu izračunate *efikasnosti sistema PEB*, može izračunati koliko će se posmatranom sistemu veza narušiti raspoloživost (neprekidnost veza). Na osnovu ovog podatka moguće je izračunati sa kakvom će efikasnošću raditi naš sistem veza u borbenim dejstvima.

Razlike u kvalitetu i pouzdanosti postojeće klasične procene i metode efikasnije procene borbene situacije koju ovaj rad obrađuje su očigledne, a celokupna procena se može obavljati uz pomoć računara ili personalnog računara, vrlo skromnih mogućnosti, u vrlo kratkom vremenu.

Glava II

1. RAD SISTEMA VEZA u borbi moguće je simulirati pomoću nekog modela. To oponašanje nije kompleksno, već samo u onom delu (segmentu) koji je predmet konkretnog istraživanja. Sistem veza se može modelovati analitičko-stohastičkim modelom, jer se dinamika borbenih dejstava odvija redovno uz prisustvo slučajnih (stohastičkih) faktora. Cilj modelovanja je da se sagledaju uslovi rada sistema veza u borbi i da se na osnovu toga odredi njegova efikasnost.

1) Opis sistema i njegovih stanja je prvi uslov za izradu analitičko-stohastičkog modela. Sistem veza u borbi se može posmatrati kao sistem masovnog opsluživanja, koji je predodređen za opsluživanje nekog toka zahteva (u našem slučaju to je tok informacija koje su neophodne za rukovođenje i komandovanje).

Teorija masovnog opsluživanja analizira propusnu sposobnost sistema, ali i druge karakteristike, tj. može da se koristi za određivanje efikasnosti rada sistema.

2) Tokovi događaja koji prevode sistem iz jednog stanja u drugo moraju se prepoznati i izučiti da bi se mogao izgraditi stohastičko-analitički model. Spoznaja tokova događaja moguća je empirijskim putem i njihovom statističkom obradom.

3) Matematički model sistema veza u ovom radu predstavlja dopunjena formula Erlanga (41), na osnovu koje se izračunava efikasnost rada sistema veza u borbi.

4) Testiranje modela za različite uslove treba da obezbedi sveobuhvatnu, objektivnu i pouzdanu procenu rada sistema veza u borbi, ako su objektivno postavljeni uslovi u kojima on može da se nalazi u borbenim dejstvima.

2. SISTEM VEZA U BORBI MODELOVAN KAO SISTEM MASOVNOG OPSLUŽIVANJA je teorijski ispravan, jer sistem veza karakterišu svi navedeni parametri za višekanalni sistem masovnog opsluživanja. U ovom radu koristi se sistem masovnog opsluživanja sa otkazom, jer zadovoljava naše potrebe, a to je procena uticaja neprijatelja na sistem veza, kome je cilj da spreči sistem veza da opslužuje komandu, odnosno da što češće daje otkaze. Ispravnost navedenog postupka modelovanja dokazuje izložena argumentacija i obradeni primeri, ali i empirijski podaci sa velikog broja vežbi, različitog nivoa od taktičkog do strategijskog.

Verovatnoća stanja sistema određuje se prema formuli Erlanga u koju je uveden još jedan parametar, a to je spremnost (raspoloživost) sistema veza. Time su stvoreni uslovi da se efikasnost sistema veza u borbi analizira prema kapacitetu (broju kanala između učesnika u vezi), saobraćajnim karakteristikama (odnos količine informacija i propusne sposobnosti kanala veze) i spremnosti (raspoloživosti) koju definiše koeficijent spremnosti. Koeficijent spremnosti rada (raspoloživost) izražava otpornost i elastičnost sistema veza, tj. njegovu sposobnost za rad u svim borbenim uslovima, pa i u uslovima protivelektronskih dejstava protivnika. Zato se može koristiti kao osnovni pokazatelj uspešnog – neprekidnog rada sistema veza. Kao funkcija vremena značajno utiče na pravovremenost prenosa informacija, a to je jedan od osnovnih kriterijuma efikasnosti rada sistema veza.

Koeficijent spremnosti i verovatnoća ometanja i uništavanja elemenata sistema veza su suprotni događaji, a njihov zbir je jednak jedinici. Iz ovog izraza možemo izračunati kolika se spremnost sistema veza očekuje u borbi, pošto smo prethodno izračunali verovatnoću ometanja i uništavanja, te uz ostale poznate parametre rada našeg sistema veza možemo odrediti i njegovu efikasnost u uslovima protivelektronske borbe.

Ovaj stav je valjan pod uslovom da su verovatnoća da će neki sistem veza biti efikasno ometan (sa potrebnim koeficijentom ometanja) i verovatnoća uniš-

tavanja osnovni pokazatelji ugroženosti i narušavanja rada određenog sistema veza, a da je spremnost (raspoloživost) izražena preko koeficijenta spremnosti osnovni pokazatelj efikasnog rada određenog sistema veza.

Ovo je uopštavanje nužno i u potpunosti prihvatljivo, jer nema sveobuhvatne i potpuno pouzdane procene.

Ovakav pristup analizi efikasnosti sistema veza u borbenim dejstvima je originalan i predstavlja nov kvalitet, a izneta procena je primenljiva u svakodnevnoj praksi, tim pre što se može brzo realizovati na računaru ili uz pomoć pripremljenih pregleda ili dijagrama.

3. ODREĐIVANJE EFIKASNOSTI SISTEMA VEZA u borbi prezentirana je na dva proizvoljna primera, ali dovoljno indikativna da pokažu upotrebnu vrednost iznete metode procene mogućnosti snaga za elektronsko izviđanje, protivelektronska dejstva i protivelektronska borbena dejstva neprijatelja u odnosu na sistem veza strategijsko-operativne komande i u određivanju njegove efikasnosti u borbenim dejstvima.

Kada rezultati procene pokažu da će u borbenim dejstvima sistem veza izvršavati zadatke sa niskom efikasnošću neophodno je, u procesu planiranja, organizovanja, realizovanja i korišćenja sistema veza, koristiti odgovarajuće i raspoložive mere protivelektronske zaštite.

Glava III

**1. NAVODENJE OSNOVNIH MERA PROTIVELEKTRONSKIE
ZAŠTITE SISTEMA VEZA**, organizacijskih i tehničkih i njihov kratak opis treba da služi kao podsetnik koji svi postupci i mere mogu da u određenim trenucima imaju i ulogu protivelektronske zaštite ali bez pretenzija da su to sve mere i da su nepromenljive. Naprotiv, razvoj tehnologije i telekomunikacija i sredstava za njihovo izviđanje, ometanje, obmanjivanje, pa i fizičko uništavanje nameće stalno nove zahteve istraživanju novih rešenja u zaštiti veza (telekomunikacija), kako bi ona i u ekstremno teškim uslovima obavljala uspešan prenos svih oblika informacija.

**2. PROCENA EFIKASNOSTI MERA PROTIVELEKTRONSKIE
ZAŠTITE SISTEMA VEZA** u borbi je moguća za određeni broj organizacijskih i tehničkih mera. Izneti primeri procene efikasnosti mera PEZ pokazuju i dokazuju da su one osnovni način za podizanje spremnosti (raspoloživosti ili u svakodnevnom žargonu najčešće se koristi pojam neprekidnosti) sistema veza, odnosno podizanje ukupne efikasnosti u borbenim dejstvima.

Mere PEZ utiču na spremnost i efikasnost sistema u svim uslovima, tj. i kada sistem veza nije izložen dejstvima EI, PED i PEBD protivnika, te ih treba stalno planirati, organizovati i realizovati, i to konkretno na osnovu procene za svaku situaciju.

Procena efikasnosti sistema veza sa preduzetim merama protivelektronske zaštite je složena i za neke mere PEZ nije moguće unapred proceniti njihov doprinos efikasnosti sistema veza.

Međutim, za određene mere PEZ moguće je koristiti i kvantitativne metode, pa se njihov doprinos efikasnosti sistema veza može proračunavati matematičkim relacijama. Bez obzira da li se za neku mjeru PEZ može unapred proceniti njen doprinos ukupnoj efikasnosti sistema veza, njih treba što masovnije primenjivati, jer se na taj način stvara objektivna pretpostavka da deo mera PEZ poveća efikasnost sistema veza.

Glava IV

1. ULOGA INFORMACIJA U SISTEMU RUKOVOĐENJA I KOMANDOVANJA je vrlo velika, jer se celokupna aktivnost starešina i komandi u toku procene situacije, donošenja odluke, naređivanja, izveštavanja itd. zasniva na informacijama o neprijatelju, sopstvenim snagama, zemljištu i vremenu. Efikasan rad starešina i komandi nije moguć, ako se ne poznaje borbena situacija i ako se ne raspolaže određenim informacijama.

2. ODNOS RUKOVOĐENJA I KOMANDOVANJA I RASPOLOŽIVE KOLIČINE INFORMACIJA je usko međuzavisan. Efikasnost RiK zavisi od količine informacija, tj. što je veća raspoloživa količina informacija, veća je i efikasnost RiK, iako ovaj odnos nije pravolinjski. Međutim, količina informacija utiče i na vreme koje komanda troši na donošenju odluke. Pošto će vreme uvek ili najčešće biti limitirano da bi komanda u što kraćem vremenu donosila optimalne odluke, neophodno je obezbediti određenu količinu informacija. Sistem veza mora da obezbedi prenos određene količine informacija u borbi, kako bi stvorio što povoljnije uslove sistemu RiK za efikasno funkcionisanje.

Primena ove metode procene nije ograničena samo na jedinice veze i elektronskih dejstava, već je primenljiva i na druge rodove (i službe) što će se dokumentovati u II, III, IV i V delu knjige, a nije ograničena samo na konvencionalna borbena dejstva, već je primenljiva i na tzv. nekonvencionalna dejstva.

LITERATURA

Javne publikacije

- [1] *Dejstvie jadernogo oruzia* (prevod s engleskog), Voennoe izdateljstvo Ministertvo oboroni SSSR, Moskva, 1963.
- [2] *Osnovi elektronike, fizički principi radio-lokacije i radio-goniometrije* (prevod s ruskog) DSNO, Beograd, 1971.
- [3] Ventcelj S. E. i Ovčarov A. L., *Teorija verojatnosti*, Izdateljstvo „Nauka“, Moskva, 1969. i II izdajenje 1973.
- [4] Ivanov D. A., Saveljev V. P., Šemanski P. V., *Osnove komandovanja jedinicama* (prevod sa ruskog), VIZ, Beograd, 1972. godine. Drugo dopunjeno izdanje istih autora: *Osnovi upravljenja vojskama v boju*, Ministarstvo oboroni SSSR, Moskva, 1977.
- [5] Stojanović I., *Osnovi telekomunikacija*, BIGZ, Beograd, 1972.
- [6] Atrežev P. M, Ilin A. V, Marin P. N., *Borba s radio-elektronnymi sredstvami*, Voennoe izdateljstvo Ministerstva oborony SSSR, Moskva, 1972.
- [7] Grupa autora, Spravočnik po tehničeskim sredstvam sbora i peredači infomacii, „Tehnika“, Kijev, 1973.
- [8] Ventcelj S. E., *Uvod u operaciona istraživanja* (prevod sa ruskog), Beograd, 1973.
- [9] Petrič J. i Petrič Z., *Operaciona istraživanja u vojsci*, VIZ, Beograd, 1974.
- [10] Vartenesjan A. V., *Radio-elektronnaja razvedka*, Voennoe izdateljstvo Ministerstva oboreni SSSR, Moskva, 1975.
- [11] Razingar A., *Elektronsko izviđanje i maskiranje*, VIZ, Beograd, 1976. i drugo dopunjeno izdanje 1989.
- [12] Željković J., *Teorija informacija sa primenama u kriptologiji*, VIZ, Beograd, 1979.
- [13] Razingar A., *Protivelektronska dejstva* (drugo prošireno izdanje), VIZ, Beograd, 1979.
- [14] Čujev V. J, Mihajlov B. J., *Prognoziranje u vojsci* (prevod sa ruskog), Beograd, 1980.
- [15] Glišić S., *Prenos signala sa ekspandovanim spektrom*, SSNO, Uprava veza, Beograd, 1981.
- [16] Sutorihin B. N., Golomštok V. L. i Zareckij A. K., *Nadežnost elektronnih kommutacionih uzlov i stancij*, „Radio svjaz“, Moskva, 1981.
- [17] Palij I. A., *Radio-elektronnaja borba*, Ministarstvo oboroni SSSR, Moskva, 1981.
- [18] Grupa autora, *Vojni leksikon*, VIZ, Beograd, 1981.
- [19] Grupa autora, *Neka pitanja i problemi rukovođenja i komandovanja OS SFRJ*, VIZ, Beograd, 1982.

- [20] Maksimov V. M., *Zaštita od radio-smetnji* (prevod sa ruskog), Vojna štamparija Split, Beograd, 1982.
- [21] Palij I. A., *Radio-elektronska borba* (prevod sa ruskog), VIZ, Split, 1982.
- [22] Grupa autora, *Rukovođenje i komandovanje*, udžbenik za vojne akademije, VIZ, Beograd, 1983.
- [23] *Voennij enciklopedičeskij slovar*, Ministerstvo oboroni SSSR, Institut voennoj istoriji, Moskva, Voennoe izdateljstvo, 1983.
- [24] *Osnovy teoriji upravljenija vojskami*, pod redakcije P. K. Altuhova, Voennoe izdateljstvo, Moskva, 1984.
- [25] Jovanović B., *Uvod u teoriju vojnog rukovodenja*, VIZ, Beograd, 1984.
- [26] Fitts E. R., *Strategija elektronskog sukoba* (prevod s engleskog), Beograd, 1985.
- [27] Schlesinger I. R., *Principi protivelektronske borbe* (prevod s engleskog), Vojna štamparija, Beograd, 1985.
- [28] Šunjevarić M. M., *Radiogoniometrija*, Vojnoizdavački i novinski centar, Beograd, 1991.

Časopisi

- [29] Šepet V., *Organizacija veze u protivdesantnoj borbi*, „Vojni glasnik“, br. 6, Beograd, 1978.
- [30] Mandić M., *Uticaj nuklearnog i hemijskog oružja na komandovanje i vezu*, „Vojni glasnik“, br. 3, Beograd, 1979.
- [31] Pejović B. i Mazej E., *Kontrola stanica – značajni elemenat bezbednosti veza*, „Glasnik RV i PVO“, br. 3, Beograd, 1979.
- [32] Korajlić K., *Digitalni integrisani sistemi komunikacija (veza) u OS*, „Vojno delo“, br. 3, Beograd, 1980.
- [33] Jovičić S., *Jedan prikaz određivanju efektivnosti sistema*, „Naučnotehnički pregled“, br. 6, VTI, Beograd, 1980.
- [34] Grankin V., *REB suhoputnyh vojsk SŠA*, „Zarubežnoe voennoe obozrenije“, br. 10, Moskva, 1980.
- [35] Afinov V., *Sredstva REB suhoputnyh vojsk SŠA*, „Zarubežnoe voennoe obozrenije“, br. 4, Moskva, 1980.
- [36] Grupa autora, *Značaj sagledavanja pouzdanosti u početnoj fazi razvoja TMS*, „Vojnotehnički glasnik“, br. 3, Beograd, 1981.
- [37] Kršmanović P., *Klasifikacija vojnih informacija i njena primena u odlučivanju*, „Vojnotehnički glasnik“, br. 3, Beograd, 1981.
- [38] Šepet V., *Obuka u sprovođenju zaštite veza*, „Vojni glasnik“, br. 2, Beograd, 1981.
- [39] Šepet V., *O efikasnosti sistema veza u rukovođenju i komandovanju*, „Vojni glasnik“, br. 4, Beograd, 1981.

- [40] Šepc V., *Perspektive razvoja sistema veza*, „Vojni glasnik“, br. 6, Beograd, 1981.
- [41] Mamula B., *Neki aktuelni problemi rukovođenja i komandovanja*, „Vojno delo“, br. 3, 1981; *O funkciji RiK na strategijskom nivou*, „Vojno delo“, br. 6, Beograd, 1982.
- [42] Šepc V., *Činioци који усlovjavaju правовременост преноса информација*, „Vojni glasnik“, br. 3, Beograd, 1982.
- [43] Ristić R., *Ocena efektivnosti tehničkih sistema u uslovima neizvesnosti*, „Naučno-tehnički pregled“, br. 3, Beograd, 1982.
- [44] Afinov V., *Sredstva REB armejskoj aviaciji SŠA*, „Zarubežnoe voennoe oborenije“, br. 5, Moskva, 1982.
- [45] Šepc V., *Teorija masovnog opsluživanja i izračunavanja organizacionih karakteristika sistema veza*, „Vojni glasnik“, br. 4, Beograd, 1983.
- [46] Pouzdanost u tehnici – termini i definicije, prikaz iz inostranih časopisa, „Vojnotehnički glasnik“, br. 3, Beograd, 1983.
- [47] Banjac D., *Protivelektronska borba u lokalnim ratovima osamdesetih godina*, „Savremeni strategijski problemi“, br. 10, Institut za strategijska istraživanja, Beograd, 1984.
- [48] Grupa autora, *Preživljavanje komandnog mesta* (s engleskog jezika preveo V.Kolimanovski), „Informativni bilten prevoda“, br. 5, CVNDI, 1984.
- [49] Tomanskij V., *Radioelektronnaja borba v planah SŠA i NATO*, „Zarubežnoe voennoe oborenije“, br. 7, Moskva, 1985.
- [50] Šepc V., *Uloga i značaj protivelektronske borbe u borbenim dejstvima protiv desanta iz vazdušnog prostora*, „Savremeni strategijski problemi“, br. 11, Institut za strategijska istraživanja, Beograd, 1985.
- [51] Šepc V., *Satelitske telekomunikacije*, „Savremeni strategijski problemi“, br. 12, Institut za strategijska istraživanja, Beograd, 1986.
- [52] Šepc V., *Neprekidnost informacionih tokova – prepostavka uspešnosti rukovođenja i komandovanja*, „Vojno delo“, br. 4, Beograd, 1987.
- [53] Šepc V., *Protivelektronska zaštita sistema veza*, „Savremeni strategijski problemi“, br. 13. Institut za strategijska istraživanja, Beograd, 1988.
- [54] Grupa autora, *Protivelektronska borba*, specijalni prilog, „Vojni glasnik“, br. 4–5, Beograd, 1993.
- [54/1] Šepc V., Devetak S., *Parametri od uticaja na efikasnost radio-goniometarskih sistema u borbi*, „Vojnotehnički glasnik“ br. 4. Beograd, 2007.
- Službene publikacije
- [55] Udžbenik: *Osnovi radio-protivdejstava* (prevod s ruskog), SSNO, Uprava veza, Beograd, 1966.
- [56] Electronic Warfare, Tactics of Defense, FM-32-30, 31. 8. B. M, 1976. (*Elektronski rat – Taktika odbrane*, Borbeno pravilo, 1976).

- [57] *Programirani udžbenik za PEZ, Electronic Counter – Countermeasures (ECCM), Procedures for the Communicator* (b.m, b.g.)
- [58] *Borbene veze divizije – priručnik, Combat Communications Within Division*, FM-1150, 1977.
- [59] *Koncept elektronskog rata OS SAD, Electronic Warfare Concept US Army*, 6 march 1979, (B.m.)
- [60] Jagić S., *Uticaj namernih smetnji na komunikacionu mrežu divizije KoV* (magistarski rad), Zagreb, 1981.
- [61] Šepc V., *Činioci koji uslovljavaju pravovremenosnost prenosa informacija kao kriterijuma efikasnosti sistema veza strategijsko-operativne komande* (magistarski rad) CVVŠ „M.Tito“, Beograd, 1983.
- [62] Vojnotehnički institut, *Pretraživanje VF opsega za potrebe radio-izviđanja*, Beograd, 1984.
- [63] Jevtović M., *Zaštita sistema za prenos podataka od identifikacije pri elektronskom izviđanju* (doktorska disertacija), Beograd, 1984.
- [64] Đorđević D., *Optimizacija snaga za protivelektronsku borbu u operativno-strategijskim sastavima* (doktorska disertacija), Beograd, 2002.
- [65] Devetak S., *Procena efikasnosti sistema veza korpusa* (magistarski rad), Beograd, 2006.

II Deo

**PROCENA EFIKASNOSTI SISTEMA PVO U
USLOVIMA PROTIVELEKTRONSKЕ BORBE
(ELEKTRONSKIH DEJSTAVA)**

UVOD

Poznato je da je glavni zadatak sistema protivvazdušne (vazduhoplovne) odbrane (PVO) vođenje neprekidne borbe sa protivnikovim sredstvima za napad iz vazduha (vazdušnog prostora) i obezbeđenje maksimalne odbrane branjenih objekata i njihovog normalnog funkcionisanja. Sigurna odbrana objekata zavisi od efikasnosti sistema PVO koji brane određeni objekat. Efikasnost sistema PVO karakteriše se kako efikasnošću gađanja (sposobnošću uništenja ciljeva u vazduhu), tako i sposobnošću izvršavanja zadatka gađanja ciljeva u svim uslovima i u bilo kom momentu. Na taj način, pod efikasnošću sistema PVO, podrazumeva se njegova sposobnost da izvršava zadatke i u uslovima protivelektronske borbe (elektronskih dejstava).

Stepen izvršavanja zadataka koji su postavljeni pred sistem PVO moguće je okarakterisati kao verovatnoću odbrane branjenih objekata. Međutim, taj kriterijum se retko primenjuje zbog složenosti proračuna. S druge strane stepen odbrane objekata određuje se na osnovu gubitaka koji su naneseni sredstvima za napad iz vazduha protivnika, tako da će upravo to biti kriterijum za ocenu efikasnosti koji će ovde biti prezentiran.

1. ANALITIČKI MODEL ZA PROCENU EFIKASNOSTI RAKETNIH SISTEMA PVO

U stručnoj literaturi [1, 2], kao kriterijum ocene borbene efikasnosti grupacije raketnih sistema PVO, primenjuje se matematičko očekivanje broja oborenih ciljeva u toku odbijanja napada (naleta):

$$N_u = N \cdot W \quad (1)$$

gde je:

N_u – broj oborenih – uništenih ili oštećenih ciljeva;

N – broj ciljeva koji učestvuju u pojasu naleta i po kojima je moguće vatreno dejstvo grupacije PVO i

W – srednja verovatnoća uništenja pojedinačnog cilja u pojasu naleta sa grupacijom PVO.

Za određivanje veličine W neophodno je znati gustinu naleta λ (broj aviona u jedinici vremena).

Srednja verovatnoća uništenja pojedinačnog cilja može se odrediti prema formuli [1, 2]:

$$W = p_m \cdot p_{ot} \cdot p_{gu} \quad (2)$$

gde je:

p_m – verovatnoća pogađanja cilja sa m raketama u uslovima kada je cilj gađan jednim raketnim sistemom PVO iz sastava grupacije;

p_{ot} – verovatnoća otkrivanja cilja do granice koja obezbeđuje gađanje cilja;

p_{gu} – verovatnoća gađanja – uništenja¹⁵³ (da će dejstvovati po cilju).

Veličinu p_m moguće je odrediti na osnovu formule:

$$p_m = 1 - (1 - p_I)^m \quad (3)$$

gde je:

p_I – verovatnoća pogađanja cilja jednom raketom sa uračunatim celokupnim procesom funkcionisanja borbenog sredstva PVO [ova verovatnoća kod savremenih raketnih sistema PVO iznosi oko 0,8 i više ($p_I \geq 0,8$) i ona se navodi u taktičko-tehničkim podacima sistema], a m je broj lansiranih raket.

Veličina p_{ot} određuje se na osnovu obrade statističkih podataka za otkrivanje ciljeva u vazdušnom prostoru u različitim uslovima (odsustvo ili postojanje elektronskih smetnji).

Kada se grupacija PVO sastoji od n raketnih sistema PVO i određenom zonom uništenja, sa definisanim daljinom otkrivanja ciljeva (D_{ot}) i daljinom gađanja –uništenja (D_{gu}), tada se verovatnoća gađanja cilja p_{gu} u naletu može odrediti prema Erlangovoј formuli [1, 2]:

$$p_{gu} = 1 - p_{ng} = 1 - \frac{\frac{a^n}{n!}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!}} \quad (4)$$

gde je:

p_{ng} – verovatnoća da cilj neće biti gađan u toku odbijanja naleta;

α – parametar, $\alpha = \lambda \cdot t_g$;

λ – gustina ciljeva u naletu u jednoj minuti;

t_g – srednje vreme neophodno za gađanje jednog cilja [Za ovo vreme obavlja se više aktivnosti, od kojih je prva vreme otkrivanja cilja

¹⁵³ U praksi i literaturi često se ova verovatnoća poistovećuje sa verovatnoćom pogađanja (p_m) i tretiraju se kao verovatnoća uništenja.

probabilističko, a druga tzv. radno vreme sistema PVO (vreme od otkrivanja cilja sredstvima za otkrivanje do momenta lansiranja i vođenja rakete), a bitno zavisi od namene raketnog sistema, njegovih tehničkih karakteristika, funkcionalnih veza između elemenata i od stepena automatizacije svih operacija procesa borbenog rada raketnog sistema PVO. Na ovo vreme utiče i obučenost posluge, pa je ukupno srednje vreme statistička kategorija.];

n – ukupan broj sistema PVO (ovde pojam sistema PVO treba uprostiti, tj. jednokanalni raketni sistem u ovim proračunima je jedan lanser raketa sa svim uređajima koji su neophodni, od otkrivanja cilja do lansiranja jedne ili više raket. Kada se sa istog lansera (kontejnera) može jednovremeno gađati dva ili više ciljeva, onda je to za nas dvokanalni ili višekanalni sistem PVO, odnosno $n = 2$, itd.);

k – broj aktivnih sistema PVO.

Posmatrajmo problem na jednom primeru. Na objekte, branjene sistemima PVO, vrši se nalet sa srednjom gustinom $\lambda = 4$ aviona/minutu. U pojasu naleta objekte brani 5 sistema PVO ($n = 5$) sa srednjim vremenom gađanja $t_g = 0,5$ minuta. U naletu učestvuje 20 aviona ($N = 20$). Neophodno je oceniti efikasnost sistema PVO objekata, kada je $p_m = 0,7$ i $p_{ot} = 0,9$.¹⁵⁴ Pri rešavanju polazimo od prepostavke da nalet ciljeva na objekte predstavlja Puasonov tok. Rešenje je sledeće:

- odredimo veličinu $\alpha = \lambda \cdot t_g = 4 \cdot 0,5 = 2$,
- na osnovu veličina $\alpha = 2$ i $n = 5$ dobija se da je $p_{gu} = 0,96$ (na osnovu tabele [2, 10]),
- u ovakvim uslovima verovatnoća uništenja cilja je:

$$W = 0,96 \cdot 0,7 \cdot 0,9 = 0,60$$

Na taj način, matematičko očekivanje broja oborenih ciljeva iznosi:

$$N_u = N \cdot W = 20 \cdot 0,60 = 12 \text{ aviona}$$

Ostali avioni iz grupe u naletu probili bi se do branjenog objekta.

Ovakva procena efikasnosti sistema PVO može da zadovolji uslove kada protivnik ne raspolaže sredstvima za ometanje i obmanjivanje, pre svega

¹⁵⁴ Ovo je statistička procena, a može se izračunati i putem teorije masovnog opsluživanja. Za 4 aviona/min $\alpha_* = 0,25$, jer avioni doleću svakih 15 sekundi, a to je četvrtina minute. Ako se otkrivanje cilja obavlja sa jednim radarom, onda je:

$$n = 1, K_s = 1, \text{ pa je } p_{ot} = 0,8 \left(p_{ot} = 1 - \frac{\frac{\alpha_*}{K_s}}{1 + \frac{\alpha_*}{K_s}} = 1 - \frac{0,25}{1 + 0,25} = 1 - 0,2 = 0,8 \right) \text{ gde je}$$

$$\alpha_* = \frac{1}{\lambda}, \text{ za } n = 2 \quad p_{ot} = 0,9.$$

radarskih sredstava sistema PVO a ni specijalnim ubojnim sredstvima za dejstvo po sistemu PVO. Kako proceniti uticaj protivnika na efikasnost sistema PVO kada on raspolaže ovim sredstvima (a sve savremene armije raspolažu ovim sredstvima), pokušaćemo obrazložiti u narednom tekstu.

2. PROCENA EFIKASNOSTI U USLOVIMA PEB

U prvom delu knjige sistem veza se tretira kao sistem masovnog opsluživanja sa otkazom, tj. kao osnovni matematički model koristi se, takođe formula Erlanga, a tok informacija koji sistem veza opslužuje posmatra se kao Puasonov tok. Međutim, za razliku od prethodne analize ovde je suština u analizi uticaja protivnika na sistem veza. Da li se opisana metoda procene uticaja protivnika na efikasnost sistema veza može primeniti i na procenu efikasnosti sistema PVO? Naredna elaboracija ovog pitanja to treba da potvrди.

Da bi mogli pratiti uticaj protivnika na sistem PVO u formulu za izračunavanje verovatnoće gađanja–uništenja cilja uvećemo novi parametar, a to je operativna raspoloživost (spremnost) sistema PVO, koja se izražava preko koeficijenta spremnosti K_s . Prema tome sada će formula (4) glasiti:

$$p_{gu} = 1 - p_{ng} = 1 - \frac{\frac{\alpha^n}{n!} \cdot \frac{1}{K_s^n}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} \cdot \frac{1}{K_s^k}} \quad (5)$$

Međutim, treba posebno naglasiti šta u suštini predstavlja koeficijent spremnosti K_s . On predstavlja pokazatelj da će sistem biti u funkciji (bez otkaza) za vreme od akvizicije cilja do usmeravanja rakete za lansiranje, ili detaljnije: otkrivanje cilja, identifikaciju, „osvetljavanje“ i praćenje cilja i proračun parametara za lansiranje raket. U širem smislu može se podrazumevati i vreme vođenja rakete do susreta sa ciljem.

Ako razmatramo otkaze sistema usled elektronskih i borbenih dejstava protivnika koeficijent spremnosti se može definisati kao [10]:

$$K_s = (1 - p_{om}) \cdot (1 - p_u) \quad (6)$$

gde je:

p_{om} – verovatnoća ometanja sistema PVO (prevashodno radara u PVO),

p_u – verovatnoća uništenja sistema PVO ubojnim sredstvima (avijacijom, vođenim protivradarskim raketama i dr.).

Opšte je poznato da su radarska sredstva u sistemima PVO osetljiva na elektronska dejstva protivnika. Sagledavanjem broja elektronskih sredstava protivnika i daljine sa kojih može da izviđa, ometa, odnosno dejstvuje ubojnim sredstvima, primenom teorije masovnog opsluživanja, možemo odrediti verovatnoću otkrivanja (izviđanja), ometanja i uništenja radarskih uređaja.

Verovatnoća otkrivanja¹⁵⁵ (izviđanja u eteru) radara p_i može se predstaviti izrazom [10, 11]:

$$p_i = 1 - p_n = 1 - \frac{\rho^i}{\sum_{k=0}^i \frac{\rho^k}{k!}} \quad (7)$$

gde je:

p_n – verovatnoća da radar neće biti otkriven;

i – ukupan broj izviđačkih uređaja;

k – broj aktivnih izviđačkih uređaja;

ρ – intenzitet rada radara, $\rho = t_p / t_s$;

t_p – srednje vreme kada radar nije u radu;

t_s – srednje vreme rada radara.

Izraz za verovatnoću ometanja radara p_{om} glasi [10, 11]:

$$p_{om} = 1 - p_n = 1 - \frac{\frac{\rho^m}{m!} \cdot \frac{1}{p_i^m}}{\sum_{k=0}^m \frac{\rho^k}{k!} \cdot \frac{1}{p_i^k}} \quad (8)$$

gde je:

p_n – verovatnoća da radar neće biti ometan;

m – ukupan broj ometača (u formuli (3) eksponent ima istu oznaku za broj raketa; pošto se ove veličine lako razlikuju, to ne dovodi u pitanje jednoznačnost obeležavanja);

k – broj aktivnih ometača;

ρ – intenzitet rada radara;

p_i – verovatnoća otkrivanja (izviđanja).

¹⁵⁵ U praksi se ova aktivnost naziva radio-tehničko izviđanje, a obuhvata i analizu tehničkih parametara radara na osnovu kojih se može identifikovati njegova namena, ali i smer (azimut).

Za određivanje verovatnoće uništenja radarskih uređaja p_u , a i sistema PVO u celini možemo primeniti izraz [10, 11]:

$$p_u = 1 - p_n = 1 - \frac{\delta^u}{u!} \cdot \frac{1}{\sum_{k=0}^u \frac{\delta^k}{k!} \cdot \frac{1}{p_{otk}^k}} \quad (9)$$

gde je:

p_n – verovatnoća da radar odnosno sistem PVO neće biti uništen;

u – ukupan broj ubojnih sredstava koji dejstvuju po elementima sistema PVO;

k – broj aktivnih ubojnih sredstava;

δ – intenzitet pokretljivosti sistema PVO, $\delta = t_p / t_s$ (može biti jednak sa ρ ali ne uvek);

t_p – srednje vreme kada sistem PVO nije u radu (premešta se ili namerno „čuti“);

t_s – srednje vreme rada sistema PVO;

p_{otk} – verovatnoća otkrivanja sistema PVO (razlikuje se od p_i , jer se sistem PVO može otkriti i drugim sredstvima izviđanja).

Predstavljeni teorijski model daje osnovne relacije za kvantitativnu analizu (procenu) efikasnosti sistema PVO u uslovima elektronskih dejstava, odnosno u borbenim uslovima.

Određivanje daljine izviđanja – otkrivanja rada radara (D_i), ometanja i obmanjivanja¹⁵⁶ (D_o – aktivnim i pasivnim sredstvima) i dejstva ubojnim

¹⁵⁶ Ometanjem se može postići lažna daljina do cilja, lažni pravac (azimut) ili lažni broj ciljeva, ali najvažniji zadatak ometanja je da radaru smanji daljinu otkrivanja ciljeva (D_{ot}) i da ona, po mogućnosti, bude što manja.

Jedan od mogućih skraćenih pristupa izračunavanju ove minimalne daljine otkrivanja (u kilometrima), kada su sredstva za PEB u sastavu borbene grupe ($D_{ot} = D_o$), je:

$$D_{ot\min} \approx \sqrt{\frac{P_r \cdot G_r \cdot \sigma \cdot K_o}{4\pi \cdot P_o \cdot G_o}},$$

gde je:

P_r – predajna snaga radara (W);

G_r – pojačanje radarske antene;

σ – refleksna površina cilja (m^2);

K_o – koeficijent ometanja;

P_o – predajna snaga ometača (W), i

G_o – pojačanje antene ometača.

sredstvima (D_u) su poznata [3, 4, 5] te se ovde neće obrazlagati. Da bi procena bila kompletan ostaje još jedan parametar koji treba proceniti ili proračunati a to je srednji broj radarskih sredstava koji će biti otkriveni, ometani ili uništeni. Kao primer poslužiće obrazac (matematičko očekivanje) za izračunavanje srednjeg broja radara koji će biti izviđani (otkriveni) [10, 11]:

$$n_i = n \cdot \left[1 - \left(1 - e^{\frac{i_u}{i}} \cdot p_t \cdot p_i \right)^{\frac{i}{n+L}} \right] \quad (10)$$

gde je:

n_i – srednji broj radara koji će biti otkriveni (izviđani);

n – ukupan broj radara koje treba otkriti sa i uređaja;

i – broj izviđačkih uređaja;

i_u – srednji broj izviđačkih uređaja koji neće moći izviđati (biće uništeni ili su u kvaru i dr.);

p_t – verovatnoća tehnički ispravnog funkcionisanja izviđačkih uređaja (pouzdanost),

p_i – verovatnoća izviđanja (otkrivanja) i

L – broj ostalih (radnih i lažnih) radara na prostoru gde se nalazi n radara koje treba otkriti.

Razmotrimo sada prethodni primer u novim uslovima. Pretpostavimo da će vreme rada sistema PVO biti jednak pauzama (vremenu kada radarski sistemi PVO namerno „čute“ ili se sistem PVO premešta), pa je $\rho = 1$. U slučaju kada protivnik izviđa i ometa sa po jednim uređajem ($i = m = 1$), verovatnoća otkrivanja (izviđanja) radara biće $p_i = 0,5$, a za iste uslove verovatnoća ometanja je $p_{om} = 0,333$. Sada možemo da izračunamo i kolika će biti operativna

Minimalna daljina otkrivanja ciljeva (D_{otmin}) je poluprečnik kruga u čijem je centru radarska stanica, a koja ne može otkrivati ciljeve izvan datog kruga. Mogući način proračuna maksimalne daljine ometanja (D_{omax}) (u km) je:

$$D_{omax} \approx D_{ot}^2 \sqrt{\frac{4\pi \cdot P_o \cdot G_o \cdot \Delta f_r \cdot \gamma}{P_r \cdot G_r \cdot \sigma \cdot K_o \cdot \Delta f_o}},$$

gde je:

D_{ot} – daljina otkrivanja definisanih ciljeva (optimalni domet u km);

Δf_r – propusni opseg radara (Hz);

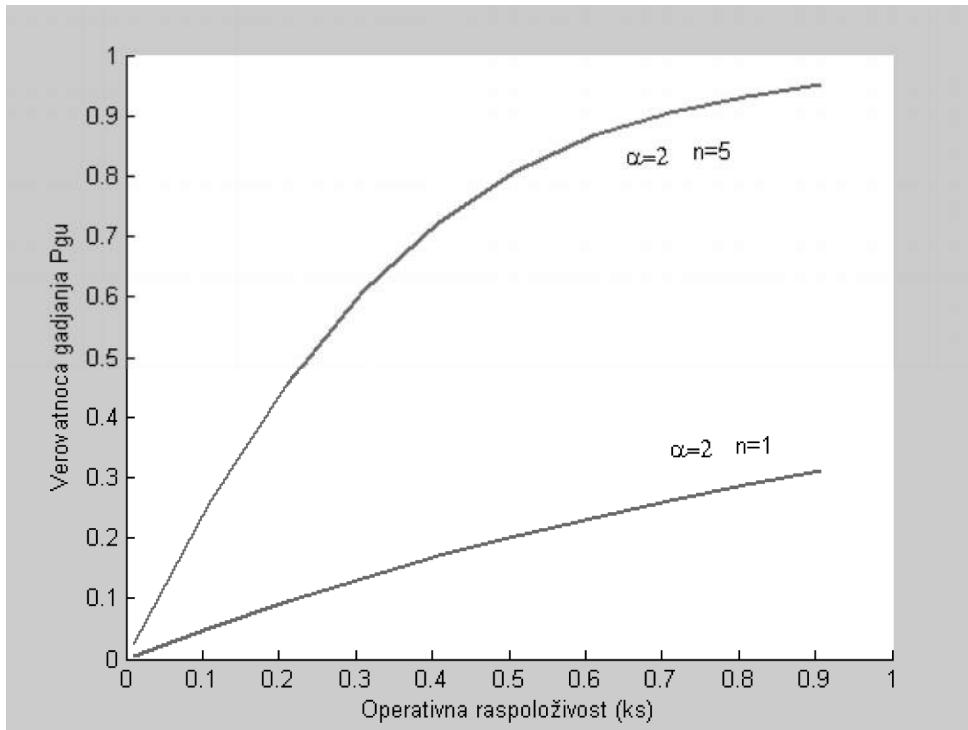
Δf_o – širina frekventnog spektra signala ometanja (Hz);

γ – koeficijent razlike u polarizaciji smetnje i signala (0-1);

(Ostale vrednosti su navedene u gornjoj formuli). Literatura [3, 4].

raspoloživost sistema PVO, pa je $K_s = 1 - 0,333 = 0,667$, a na osnovu ovog podatka možemo da odredimo verovatnoću gađanja.

U prvom slučaju za $\alpha = 2$ i $n = 5$, a za $K_s = 1$, jer je operativna raspoloživost bila potpuna $p_{gu} = 0,96$, ali sada operativna raspoloživost zbog ometanja protivnika više nije potpuna ($K_s = 0,667$) pa je i verovatnoća gađanja manja tj. $p_{gu} = 0,88$. Na slici 1 se može videti zavisnost verovatnoće gađanja p_{gu} od operativne raspoloživosti K_s za poznat parametar α i broj sistema PVO.



Slika 1. Zavisnost verovatnoće gađanja p_{gu} od operativne raspoloživosti K_s

Još jedna veličina će biti umanjena zbog ometanja, a to je verovatnoća otkrivanja cilja, koja je za $\alpha_* = 0,25$, $n = 1$ i $K_s = 0,66$, jednaka $p_{ot} = 0,72$ (primena teorije masovnog opsluživanja).¹⁵⁷ Prema tome srednja verovatnoća uništenja ciljeva je:

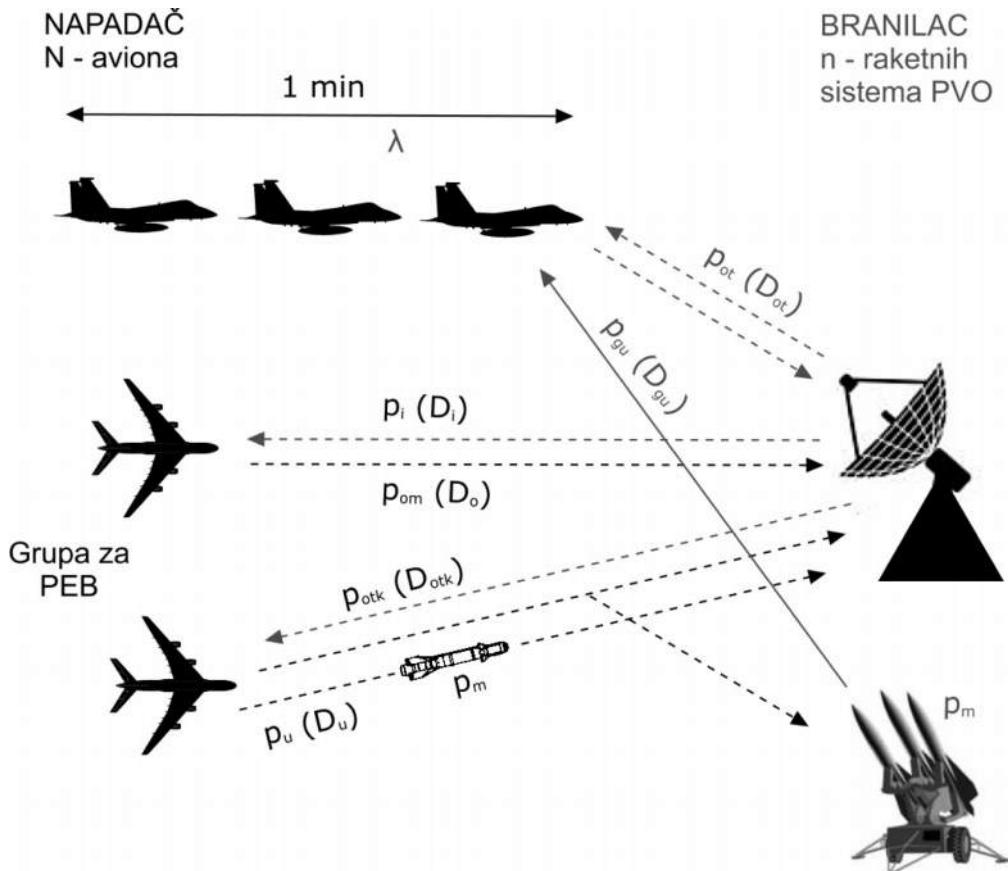
$$W = p_{gu} \cdot p_m \cdot p_{ot} = 0,88 \cdot 0,7 \cdot 0,72 = 0,44$$

pa će broj oborenih ciljeva biti:

¹⁵⁷ Svi primeri računati prema teoriji masovnog opsluživanja mogu se proveriti u tabelama, u prilogu broj 13.

$$N_u = N \cdot W = 20 \cdot 0,44 = 8,8 \approx 9 \text{ aviona.}$$

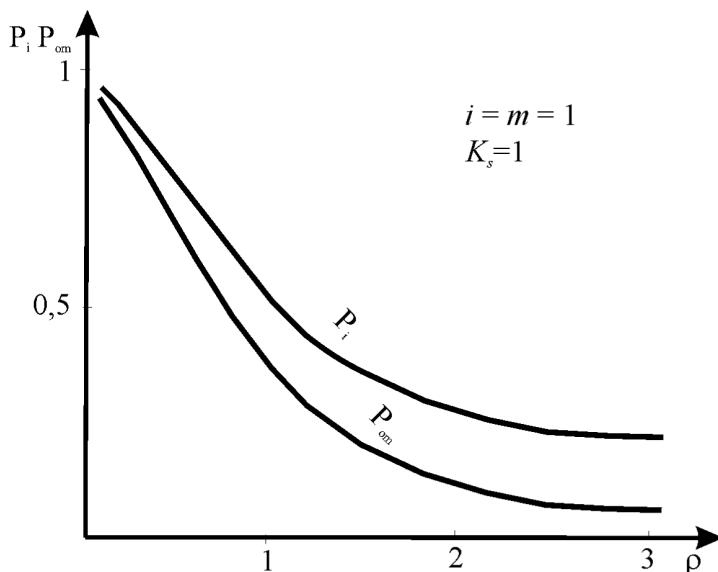
U ovom primeru nije razmotren slučaj kada bi deo sistema PVO bio i delom uništen dejstvom protivnika, ali je zaključak očigledan. Ometanje radarskih sredstava PVO umanjilo je efikasnost sistema PVO, u našem slučaju za 3 aviona (ili 25%). Dalja primena opisane metode procene pokazaće u potpunosti njenu upotrebnu vrednost.



Slika 2. Šema PVO

Na slici 2 prikazani su šematski osnovni parametri koji se mogu izračunati, a na osnovu kojih branilac može proceniti sa kakvom će efikasnošću dejstvovati njegov raketni sistem PVO i kakve će gubitke moći da nanesu napadaču (N_u). Proračuni pokazuju da se povećanjem gustine ciljeva u naletu (λ) verovatnoća njihovog otkrivanja raste (p_{ot}), jer je parametar $\alpha^* \ll 1$ ($\alpha^* = 1/\lambda$, vidi fusnotu 154). Međutim u isto vreme verovatnoća gađanja–uništenja cilja opada jer je parametar α sve veći. Očigledno je da je limitirajući faktor srednje vreme neophodno za gađanje jednog cilja (t_g) ali je broj ukupnih sistema PVO

(koji brane određenu zonu), odnosno aktivnih sistema PVO od presudnog značaja. Kriva koja pokazuje verovatnoću gađanja cilja (P_{gu}) vrlo sporo opada ako je broj sistema PVO (n) velik, bez obzira na povećanje gustine ciljeva u naletu (λ) i parametra (α), koji se proračunava na osnovu (λ) i srednjeg vremena neophodnog za gađanje jednog cilja (t_g). Sem broja aviona (N), koji napadaju branjenu zonu, treba procenjivati i njegove snage za PEB, odnosno elektronska dejstva. Na efikasnost ovih snaga prevashodno utiče odnos srednjeg vremena kada sistem PVO nije u radu (t_p) i srednjeg vremena kada sistem PVO radi (t_s), a na osnovu ovih podataka se proračunavaju parametri (ρ) i (δ). Ovi parametri često mogu biti jednaki, jer će najčešće biti napadaču nepoznati razlozi rada ili ne rada našeg sistema PVO, odnosno da li je naš radar na režimu „čutanja“ ili se premešta ili kada je sistem u radu ali koristi podatke o otkrivanju ciljeva (p_{ot}) iz drugih izvora (koji rade na pasivnom režimu). Zato ova vremena u formulama (8 i 9) nisu posebno indeksirana. Na slici 3 prikazana je međuzavisnost verovatnoće otkrivanja (izviđanja) radara (p_i) i verovatnoće ometanja (p_{om}) u zavisnosti od srednjeg vremena kada radar nije u radu i srednjeg vremena rada, odnosno parametra (ρ).



Slika 3. Zavisnost p_i i p_{om} od ρ

Na isti način može se analizirati i verovatnoća uništenja sistema PVO (verovatnoća da će se po njemu dejstvovati), odnosno prethodno je nužno proceniti ili proračunati verovatnoću otkrivanja sistema PVO (p_{otk}) sa napomenom da ova verovatnoća često može biti skup različitih načina izviđanja, sem RTI (ELINT) to može biti vizuelno, optoelektronsko i dr. (sa zemlje, vazdušnog prostora i kosmosa).

U ovoj proceni najteže je predvideti broj i vrstu sredstava (u), koja će dejstvovati po našim sistemima PVO.

Da bi ova procena bila što egzaktnija potrebno je analizirati i proceniti još dva značajna elementa. Prvo su **daljine** otkrivanje ciljeva (D_{ot}), uspešnog dejstva raketnog sistema PVO (D_{gu})¹⁵⁸, a zatim i daljine izviđanja (D_i), daljine ometanja (D_o) i uspešnog ubojnog dejstva po raketnom sistemu PVO (D_u). Daljina otkrivanja ciljeva i uspešnog dejstva našeg raketnog sistema PVO su nam poznate, ali na njih može značajno da utiče protivnik svojim PEB, pa njegove daljine izviđanja, ometanja i obmanjivanja i ubojnih dejstava treba proceniti ili proračunati. Već je ranije istaknuto da su proračuni za ove daljine obrađeni u brojnoj literaturi, pa se zato ovde nećemo njima baviti.

Druge su srednji **brojevi** izviđanih (formula 10), ometanih i uništenih sredstava PVO. Analogno analizi srednjeg broja izviđanih radara (sistema PVO), može se analizirati i srednji broj ometanih radara (sistema PVO) [10]:

$$n_o = n \left[1 - \left(1 - e^{-\frac{m_u}{m}} \cdot p_t \cdot p_i \frac{1}{K_o} \right)^{\frac{m}{n+L}} \right] \quad (11)$$

gde je:

n_o – srednji broj radara (sistema PVO) koji će biti ometani,

n – ukupan broj radara (sistema PVO) koji treba ometati sa m uređaja,

m – broj ometačkih uređaja,

m_u – broj ometača koji neće moći ometati (uništeni ili u kvaru i dr.),

p_t – verovatnoća tehnički ispravnog funkcionisanja omotačkog uređaja (pouzdanost),

p_i – verovatnoća izviđanja (otkrivanja) radara (sistema PVO),

K_o – koeficijent ometanja radara (sistema PVO),¹⁵⁹ i

L – broj ostalih (radnih i lažnih) radara sistema PVO na prostoru gde se nalazi n radara (sistema PVO), a koje treba ometati.

Izraz $p_i \frac{1}{K_o}$ može se zameniti verovatnoćom ometanja (p_{om}), jer najčešće vrednost koeficijenta ometanja (K_o) neće biti poznata.

¹⁵⁸ Ova daljina ima četiri granične vrednosti: najniža i najviša visina dejstva i najbliža i najdalja daljina dejstva. Zona uništenja sistema PVO ima i treću dimenziju, sem visine i daljine, i širinu dejstva.

¹⁵⁹ Razrada i definicija koeficijenta ometanja u prvom delu knjige. U literaturi [8, 9] ovaj parametar definisan je kao koeficijent prigušenja ali je formula identična koeficijentu ometanja i iznosi za savremene osmatračke radare 8–12, a za stanice za vodenje rakaeta 2–4. Ovi podaci su iz strane literature i treba ih primiti s rezervom.

Srednji broj uništenih (oštećenih) radara (sistema PVO) dat je sledećim izrazom [10]:

$$n_u = n \left[1 - \left(1 - e^{-\frac{u_u}{u}} \cdot p_m \cdot p_u \right)^{\frac{u}{n+L}} \right] \quad (12)$$

gde je:

n_u – srednji broj uništenih (oštećenih) sredstava PVO,

n – ukupan broj sistema PVO, koje treba uništiti,

u – broj ubojnih sredstava,

u_u – broj ubojnih sredstava koji neće moći dejstvovati (uništeni i dr.),

p_m – verovatnoća pogadanja cilja,

p_u – verovatnoća uništenja cilja, i

L – broj lažnih ciljeva (kada se postavljaju, na primer, imitatori radarskog zračenja) na prostoru gde se nalazi n sistem PVO, a koje treba uništiti.

Međutim, formule (1) i (2) možemo, takođe, zameniti izrazom za izračunavanje srednjeg broja oborenih-uništenih (oštećenih) ciljeva u vazdušnom prostoru (aviona i drugih letelica):

$$N_u = N \left[1 - \left(1 - e^{-\frac{n_u}{n}} \cdot p_m \cdot p_{ot} \cdot p_{gu} \right)^{\frac{n}{N+L}} \right] \quad (13)$$

Sve veličine u izrazu su poznate. Posebno treba istaći veličinu n_u (broj uništenih radara – sistema PVO), što će u borbi biti neminovnost ali i veličine L (broj lažnih ciljeva koje protivnik upotrebljava), jer je poznato da nema savremenih letelica koje nisu opremljene toplotnim (IC) i radarskim mamacima za neposrednu zaštitu, ali i drugim sredstvima za ometanje i obmanjivanje sistema PVO.

U fusnoti 154 pokazano je da se verovatnoća otkrivanja ciljeva u vazdušnom prostoru (p_{ot}) može računati pomoću TMO.

Računanje verovatnoće gađanja-uništenja (p_{gu}) umesto formule (4) obavljaćemo sa formulom (5), a značaj koeficijenta spremnosti-raspoloživosti (K_s), te mogućnosti njegovog praćenja i merenja u praksi opisani su u prvom delom knjige. Ako u formulu (13) uvedemo iste vrednosti kao i u početnom primeru u formulu (1) i (2), a to su: $N = 20$, $n = 5$, $\alpha = 2$, $p_m = 0,7$, $p_{ot} = 0,9$ i $p_{gu} = 0,9$, a prepostavimo da su: $K_s = 1$, $n_u = 0$ i $L = 0$, tada je broj oborenih–

uništenih ciljeva bio 12 ($N_u = 12$), a korišćenjem formule (13) broj oborenih–uništenih ciljeva iznosi 4 ($N_u = 4$). Očigledna je velika razlika u rezultatima.¹⁶⁰

Daljom analizom može se pokazati da će rezultati, računati prema formulama (1) i (2), odnosno (13), biti identični samo u slučajevima kada je odnos snaga jednak, tj. kada je $N = n$, kada nemamo gubitaka ($n_u = 0$), nema lažnih ciljeva ($L = 0$) i sistem PVO radi bez zastoja ($K_s = 1$). U svim drugim slučajevima $N \neq n$, $n_u \neq 0$, $L \neq 0$ i $K_s < 1$, rezultati će biti različiti. To znači da prvi primer procene ne uzima u obzir navedene faktore, a oni su od ključne važnosti. Primena opisane *metode efikasnije procene borbene situacije* navedene faktore procenjuje i u potpunosti uvažava. Dokaz napred iznetog je sledeća analiza:

Iz formula (1), $N_u = N \cdot W$, i (2), $W = p_m \cdot p_{ot} \cdot p_{gu}$, dobijamo $N_u = N \cdot p_m \cdot p_{ot} \cdot p_{gu}$, što je identično formuli (13),

$$N_u = N \left[1 - \left(1 - e^{-\frac{n_u}{n}} \cdot p_m \cdot p_{ot} \cdot p_{gu} \right)^{\frac{n}{N+L}} \right], \text{ kada je } N=n, n_u=0, L=0 \text{ i } K_s=1.$$

Ako analiziramo pojedinačne faktore, možemo konstatovati sledeće:

$N = n$ – je realno, ali će obe strane težiti da imaju što povoljniji odnos snaga, pa će najčešće $N \neq n$;

$n_u = 0$ – nije realno da u borbenim dejstvima nemamo gubitaka;

$L = 0$ – nije realno da protivnik neće koristiti lažne ciljeve ili imitatore ciljeva;

$K_s = 1$ – nije realno da neće biti ometanja i obmanjivanja našeg sistema PVO, ili tehničkih zastoja i kvarova, tj. koeficijent spremnosti će uvek biti manji od jedan ($K_s < 1$). Kada je $K_s = 1$, formule (4) i (5) su identične.

Proračuni perma formulama (5) i (13) i analiza rezultata na značajnom broju primera, koji se mogu tretirati kao relevantni uzorak, pokazuju da branilac, pri jednakom odnosu snaga, ima realne uslove za odbranu u kojoj može napadaču naneti gubitke preko 20%. Ako naši gubici budu veći od 20%, borbene mogućnosti nam se smanjuju, pa će napadač imati manje gubitke za 30-50%, a značajno smanjenje gubitaka ostvariće i ako realizuje 2-3 puta više lažnih od stvarnih ciljeva.

Prednosti *metode efikasnije procene borbene situacije* su očigledne.

¹⁶⁰ Iako se radi samo o proizvoljnom primeru, u prvom slučaju uspešnost sistema PVO je 60%, a u drugom slučaju, primenom metode koju obrađuje ova knjiga, uspešnost je 20%. Ovakav rezultat je samo proizvod odnosa snaga, bez ometanja i delimičnog fizičkog uništenja. Napomenimo da je u IV arapsko–izraelskom ratu maksimalna uspešnost raketnih sistema PVO bila oko 30%, pri odnosu snaga 1:1 i 1:1,5 u korist branioca. U našem primeru, odnos snaga je 4:1 za napadača (20 aviona prema 5 sistema PVO).

Na ovaj način procena protivnika je celovita, a to znači da su procenjena sva četiri faktora oružane borbe, koji predstavljaju osnovu za svaku procenu borbene situacije: daljine dejstva kao prostorne kategorije, verovatnoće dejstva kao vremenske kategorije i srednji brojevi izviđanih, ometanih i uništenih elemenata sistema PVO, kao kategorije odnosa snaga (ljudskih i materijalnih). Iz procene treba izvući osnovne zaključke: koliko mogu da nam snage za PEB naruše raspoloživost sistema (K_s), a samim tim i verovatnoću gađanja-dejstva po ciljevima (p_{gu}); kolika treba da je „pokretljivost“ ili „radio-ćutanje“, da bi verovatnoće p_i , p_o i p_u protivnika bile što manje; koje sve mere protivelektronske zaštite (PEZ) raketni sistem PVO može primenjivati, da bi efekti protivnika bili što manji¹⁶¹, a efikasnost našeg sistema PVO što veća.

3. PROCENA EFIKASNOSTI ARTILJERIJE PVO

U PVO učestvuje, sem raketnih jedinica, i artiljerija PVO, tzv. laka protiv-avionska artiljerija. Da se i u ovoj oblasti može koristiti *metoda efikasnije procene borbene situacije* ilustrovaćemo na jednom primeru.

Verovatnoća uništenja (dejstava) po cilju za jedno oruđe je:

$$p_{gu} = \frac{\alpha}{1 + \frac{\alpha}{p_{ot}}} \quad (14)$$

gde je:

p_{ot} – verovatnoća otkrivanja cilja,

α – parametar, koji se izračunava prema $\alpha = \frac{N}{t_g}$, gde je:

N – broj ciljeva (aviona i letelica) po kojima se dejstvuje;

t_g – vreme gađanja (dejstva po cilju u sekundama), gde posebno dolazi do izražaja i brzina cilja.

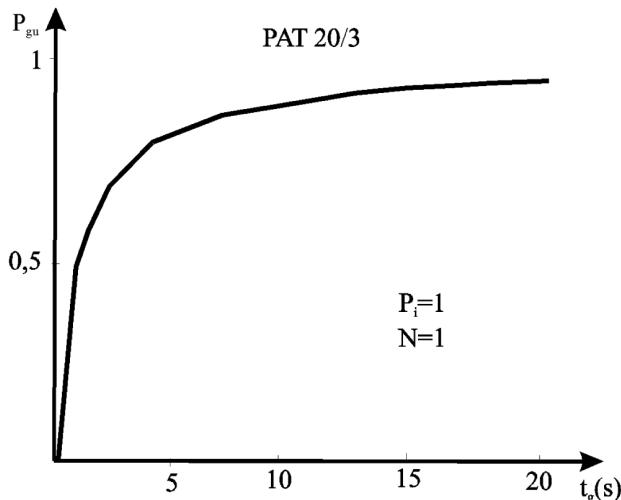
Primer: sistem 20/3, brzina dejstva oko 30 projektila u sekundi, ciljevi su u zoni uspešnog dometa, za: $N = 1$ i $p_{ot} = 1$ (dan, dobra vidljivost, vizuelno izviđanje).

Kada se dejstvuje:

¹⁶¹ Iz ove oblasti obavljena su značajna istraživanja i objavljeni radovi. Vidi literaturu [6, 7].

$t_g = 1 \text{ s}$	$\alpha = 1$	$p_{gu} = 0,5$	30 broj ispaljenih projektila
$t_g = 2 \text{ s}$	$\alpha = 0,5$	$p_{gu} = 0,66$	60
$t_g = 3 \text{ s}$	$\alpha = 0,33$	$p_{gu} = 0,75$	90
$t_g = 5 \text{ s}$	$\alpha = 0,2$	$p_{gu} = 0,83$	150
$t_g = 10 \text{ s}$	$\alpha = 0,1$	$p_{gu} = 0,9$	300

Analiza uticaja vremena gađanja, odnosno dejstva po cilju na verovatnoću uništenja cilja prikazana je i na slici 4.



Slika 4. Zavisnost verovatnoće uništenja p_{gu} od t_g

Za jedinice (vod, bateriju i divizion) verovatnoća uništenja (p_{gu}) je:

$$p_{gu} = 1 - \frac{\frac{\alpha^n}{n! p_{ot}^n}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k! p_{ot}^k}} \quad (15)$$

gde je:

n – broj oruđa u sistemu npr. vod 20/3 ima 4 oruđa, a baterija 12,

k – broj aktivnih oruđa, a $k = 0 \div n$, jer neće uvek svi dejstvovati u isto vreme.

Rezultati p_{gu} se lako dobijaju uz pomoć priloga br. 13.

Srednji broj uništenih ciljeva, odnosno matematičko očekivanje broja uništenih ciljeva (N_u) je:

$$N_u = N \left[1 - \left(1 - e^{-\frac{n_u}{n}} \cdot p_m \cdot p_{gu} \dots \right)^{\frac{n}{N}} \right] \quad (16)$$

gde je:

p_m – verovatnoća pogađanja ili potreban broj projektila da se cilj uništi (W_p) odnosno $p_m \approx \frac{1}{W_p}$, (za sistem 20/3, neka je $W_p = 10$, pa je $p_m = 0,1$),

n_u = broj uništenih oruđa.

Primer:

$n = 12$ (oruđa 20/3), tj. baterija

$N = 6$ (u naletu je 6 aviona)

$n_u = 0$ (nema uništenih oruđa)

$t_g = 6$ s

$$\alpha = 1, \text{ jer je } N = 6, \text{ a } t_g = 6 \text{ s}, \alpha = \frac{N}{t_g}$$

$p_{ot} \approx 1$ (može se kretati od 0,5–1 danju, a noću će biti znatno manja, jer je izviđanje vizuelno)

$p_{gu} \approx 1$, (prema prilogu br. 13)

$W_p = 10$, pa je $p_m = 0,1$

Prema formuli (16):

$$N_u = 6 \cdot \left[1 - \left(1 - 0,1 \cdot 1 \right)^2 \right] = 6 \cdot \left(1 - 0,9^2 \right) = 6 \cdot \left(1 - 0,81 \right) = 6 \cdot 0,19 = 1,14 .$$

$N_u = 1,14 \approx 1$ tj. od 6 ciljeva, uništiće 1 cilj, a za to vreme (6 s) upotrebiće 2160 projektila.¹⁶²

Analizom dobijenih rezultata uočava se da je broj uništenih ciljeva (N_u) veći kada se gađa veći broj ciljeva (N), što se može objasniti da se prividno gađa „veći cilj“. Većim ili velikim brojem oruđa (n) dobija se da je vrednost verovatnoće uništenja (p_{gu}) skoro jedan ($p_{gu} \approx 1$). Ovo je lako objasniti, jer je

¹⁶² Kako povećati N_u ? Jedna od mogućnosti je da povećamo broj oruđa $n = 18$ i za isto vreme gađanja $t_g = 6$ s, tada je broj upotrebljenih projektila 3240. Treba napomenuti da vreme gađanja (vreme u kome je cilj u dometu dejstva) ne zavisi samo od nas, već i od brzine aviona koji dejstvuje po našim snagama (npr. ako avion u napadu ima brzinu od 600 km/h on za 6 s prelazi oko 1 km). Pošto je broj sredstava (n) limitiran, druga mogućnost je povoljan položaj oruđa za dejstvo, kako bi cilj bio što duže u zoni dejstva. Za 10 s dejstva po cilju može se realizovati vatra od 3600 projektila sa $n = 12$.

verovatnoća p_{gu} u stvari verovatnoća da će se po cilju dejstvovati (da će cilj biti gađan), a koliko će biti uništenih ciljeva N_u , zavisi i od verovatnoće pogadanja (p_m), koja je kod oruđa 20/3 (našeg primera) vrlo mala.

Ako putem formule (16) analiziramo kako broj uništenih oruđa (n_u) utiče na broj uništenih ciljeva (N_u), rezultati pokazuju da će u slučaju naših gubitaka od 30%, protivnik imati 50% manje gubitke (npr, za $n = 18$, $N = 12$, $n_u = 0$ $p_m = 0,1$ i $p_{gu} \approx 1$ broj uništenih ciljeva je $N_u \approx 2$, a za iste uslove, ali $n_u = 6$, $N_u \approx 1$).

Kada se u formulu (16) uvedu još neki parametri, npr. pouzdanost sistema oruđa (p_t) i koeficijent raspoloživosti – spremnosti (K_s),¹⁶³ koji u borbenim uslovima nikada nisu jednaki jedinici ($p_t < 1$) i ($K_s < 1$), rezultati će biti još validniji.

Dobijene rezultate treba uporediti sa empirijskim podacima sa bojevih gađanja ili taktičkih vežbi, a pre svega ratnih (ako takvi podaci postoje), te na osnovu toga izabrati parametre koji imaju najveći uticaj na izračunavanje matematičkog očekivanja broja uništenih ili oštećenih ciljeva.

Za neposrednu PVO isturenih jedinica, od letilica koje se probijaju kroz 'rupe' u PVO sistemu, namenjeni su prenosni raketni sistemi PVO, odnosno lako prenosne protivavionske rakete (PAR). To su raketni sistemi koje nosi i poslužuje jedan čovek i najčešće se lansiraju sa ramena, a mogu i sa tronošća i drugih postolja. Dalji tehnički detalji ovih uredaja se neće navoditi (treba da su poznati), već nas interesuje da li se *metoda efikasnije procene borbene situacije* može i na njih primeniti. Navedena elaboracija će to potvrditi.

Svaki lanser možemo posmatrati kao jednokanalni sistem, pa, prema formuli (14), možemo računati verovatnoću gađanja-uništenja cilja. S obzirom na specifičnosti ovih raketnih sistema, parametar α mora se računati na drugačiji način. Zato je $\alpha = N \cdot t_g$, gde je N poznato (broj ciljeva koji se gađaju), a t_g – vreme neophodno za otkrivanje, identifikaciju, zahvat i gađanje jednog cilja, tj. to je vreme opsluživanja.

Primera radi, za jedan raketni lanser ($n = 1$) koji gađa jedan cilj ($N = 1$), uz verovatnoću otkrivanja cilja jedan ($p_{ot} = 1$), navodimo sledeće podatke.

Ako je:

$$t_g = 10 \text{ s, onda je: } \alpha = 10, \text{ a: } p_{gu} = 0,09, \text{ sa: } n = 6, \quad p_{gu} = 0,5;$$

$$t_g = 8 \text{ s, } \alpha = 8 \quad p_{gu} = 0,11, \quad n = 5, \quad p_{gu} = 0,52;$$

$$t_g = 6 \text{ s, } \alpha = 6 \quad p_{gu} = 0,14, \quad n = 4, \quad p_{gu} = 0,53;$$

$$t_g = 4 \text{ s, } \alpha = 4 \quad p_{gu} = 0,2, \quad n = 3, \quad p_{gu} = 0,55;$$

$$t_g = 2 \text{ s, } \alpha = 2 \quad p_{gu} = 0,33, \quad n = 2, \quad p_{gu} = 0,6;$$

¹⁶³ Navedeni parametri su teorijski definisani i obrađeni u literaturi koja se bavi problematikom efikasnosti različitih sistema. Koeficijent spremnosti detaljnije je obrađen u I delu knjige, jer je njegovo razumevanje od izuzetnog značaja za celokupan metod procene, koji ovaj rad obraduje.

$$t_g = 1 \text{ s}, \quad \alpha = 1 \quad p_{gu} = 0,5$$

(Mala je verovatnoća da se u jednoj sekundi otkrije, identificuje, zahvati cilj i ispalji raketu).

Navedeni podaci pokazuju značaj vremena opsluživanja (t_g), gde je obučenost operatora izuzetno značajna, a zatim povećanje verovatnoće gađanja-uništenja (p_{gu}) sa brojem lansera (n), kada gađaju isti cilj. Pošto otkrivanje ciljeva zavisi od vidljivosti i meteoroloških uslova, verovatnoća otkrivanja (p_{ot}) najčešće neće biti maksimalna.

Za jedinicu PAR (grupu od dva ili više lansera) izračunavanje verovatnoće gađanja-uništenja koristićemo formulu (15). Kada jedinica PAR deluje po grupi ciljeva, srednji broj uništenih ciljeva (N_u) dobićemo putem formule (16). Pošto su ovi sistemi samovođeni (najčešće na IC izvore) ili vođeni (radio ili laserski), verovatnoća pogodađanja (P_m) se kreće od 0,3 do 0,6 i više. Primera radi, ako na četiri letelice ($N = 4$) dejstvuje osam lansera ($n = 8$) sa $n_u = 0$, $p_{gu} = 0,5$ i $p_m = 0,5$, prema formuli (16), broj uništenih letilica je $N_u = 2$; međutim, sa $n = 4$, uz iste ostale uslove, $N_u = 1$. Izneti proizvoljni primeri potvrđuju da se i ovi sistemi PVO mogu procenjivati opisanom metodom.

4. ZAKLJUČAK

Očigledno je da procenu efikasnosti raketnih sistema PVO ne možemo samo procenjivati prema matematičkom očekivanju broja oborenih ciljeva u vazdušnom prostoru u toku odbijanja napada, bez uzimanja u obzir protiv-dejstva protivnika. Kada se uzme u obzir da je jedan od prioritetnih ciljeva jedinica za PEB onemogućavanje protivniku efikasno korišćenje artiljerijsko-raketnih sistema PVO u svim vidovima OS (vojske), te da sve savremene letelice raspolažu sredstvima za EI i PED radi vlastite zaštite od dejstva vođenih i samovođenih raket ili upozorenja da su u zoni zračenja (otkrivanja) radara. Sada je lako zaključiti da je prvi deo procene moguć uticaj protivnika na efikasnost raketnih sistema PVO. Da bi ovo realizovali upotrebili smo *metodu efikasnije procene borbene situacije*, koja je detaljno opisana u I delu knjige. Na ilustrovanim primeru pokazali smo da u određenim (zadatim) uslovima protivnik ometanjem i obmanjivanjem može da umanji našu efikasnost za 25%, a za iste zadate uslove kao i za ometanje ali ovog puta PEBD, tj. napadom borbenih sredstava na raketni sistem PVO, efikasnost ovog sistema umanjila bi se za 66% (bez ometanja i fizičkog napada naš raketni sistem PVO oborio bi od 20 aviona 12, kada je ometan 9, a kada je i napadnut borbenim sredstvima oborio bi samo 4 aviona).

Ovim primerom samo je načeta ova problematika. Detaljna analiza mora biti obavljena po tipovima raketnih sistema PVO, a zahtevala bi da se

pojedinačno analiziraju mogući uticaji na osmatračke radare, nišanske radare za praćenje ciljeva, nišanske radare za praćenje raketa, komandne kanale za vođenje raketa i radarske glave za samonavodenje. Zatim bi usledila analiza da li protivnik snagama za PEB dejstvuje iz zone, koja je izvan domašaja sredstava za PVO, ili iz borbenog rasporeda, kada je potreban broj aviona za PEB u sastavu udarne grupe. Posebne analize i procene morale bi da uzmu u obzir mogućnosti i pasivnog ometanja (npr. stvaranje protivradarske „zavese“) i već pomenute vlastite uredaje za EI i PED za zaštitu aviona, helikoptera i ostalih letelica (npr. radarskim i IC mamacima), koji mogu značajno smanjiti verovatnoću gađanja (p_{gu}) tj. uništenja ciljeva.

Savremeni raketni sistemi PVO raspolažu sa višenamenskim, trodimenzionalnim i frekventno agilnim radarima, sa nizom drugih mera koji ih čine otpornim na elektronsko ometanje i obmanjivanje, a mogu da koriste i druge pasivne senzore, sa vrlo različitim vođenjem i samovođenjem raketa i računarima za borbeno komandovanje, pa pretstavljaju visoko sofisticirane borbene sisteme. Zato je procena njihove efikasnosti u borbenim uslovima složena i teška.

Metoda koju obrađuje ova knjiga je u potpunosti primenljiva u proceni situacije i odlučivanju o upotrebi snaga u borbenim dejstvima.

Na kraju je prikazana upotrebljena vrednost *metode efikasnije procene borbene situacije* na proceni efikasnosti artiljerije PVO, kao i lakoprenosnih protivavionskih raketa (PAR), a to je takođe ilustrovano na hipotetičkim primerima.

Razvoj artiljerije PVO ide ka većim kalibrima od 20 mm, ka poboljšanju municije i sistema za upravljanje vatrom. Akvizicija i praćenje cilja obavlja se različitim senzorima, daljina se meri laserom, a sve proračune za gađanje i upravljanje vatrom obavlja računar, ali i operator obavlja deo aktivnosti. Već je naglašeno da cilj ovog rada nije opis tehničko-tehnoloških parametara sistema PVO, već samo primenljivost opisane metode procene, koja nije zavisna od nivoa njihove savremenosti.

Napred izneto ilustruju i proračuni na pregledima, prilog br. 23 i 24.

Iznetu metodu procene mogu da koriste i avijacijske jedinice u planiranju napada na PVO sistem protivnika. Međutim, moguća je njena upotreba i u procenama vazdušnih borbi lovačke avijacije.

Procenu verovatnoće uništenja letilice (lovca) u vazdušnoj borbi moguća je prema formuli:

$$p_{gu} = \frac{\alpha}{1 + \frac{\alpha}{p_{ot} p_m}} \quad (17)$$

gde je:

p_{ot} – verovatnoća otkrivanja cilja na daljini za uspešno dejstvo (vlastitim radarom);

p_m – verovatnoća pogodanja sa m vođenih raketa vazduh-vazduh, na uspešnom dometu, za definisani cilj (određene refleksne površine);

$$\alpha = \frac{t_g}{t_s}$$

t_g – srednje vreme leta rakete do cilja (vođenja ili samovođenja);

t_s – vreme cilja u zoni dejstva.

Pogledajmo to na jednom primeru: neka je $p_{ot} = 0,8$, $p_m = 0,9$ (za dve rakete), $t_g = 0,5$, a $t_s = 1$ minut, pa je $\alpha = 0,5$, tada je $p_{gu} = 0,6$. Ovo je verovatnoća za jedan avion, a za više njih se formula mora dopuniti prema (15). Ako se u formulu (17) uvede i koeficijent spremnosti K_s , onda je moguće proračunavati uticaj ometanja na avionski radar i radio-veze sa avionom.

Kada je grupa letilica (lovaca) u dejstvu protiv grupe lovaca protivnika, moguće je izračunati verovatnoću (matematičko očekivanje) uništenja broja protivničkih lovaca, prema sledećem matematičkom modelu:

$$N_u = N \left[1 - \left(1 - e^{-\frac{n_u}{n}} \cdot p_{ot} \cdot p_{gu} \dots \right)^{\frac{n}{N+L}} \right] \quad (18)$$

gde je:

N – broj protivničkih letilica;

L – broj lažnih ciljeva protivnika;

n – broj vlastitih letilica;

n_u – broj vlastitih gubitaka;

p_{ot} – verovatnoća otkrivanja ciljeva sistemom VOJIN, i

p_{gu} – verovatnoća uništenja protivničkih letilica.

Upotrebljena vrednost navedenog modela može se pokazati na jednom proizvoljnem primeru. Neka je $N = n = 4$, $L = 0$, $n_u = 0$, $p_{ot} = 0,8$ i $p_{gu} = 0,6$; onda je $N_u = 1,92 \approx 2$. Uvedimo samo jednu novu vrednost, a to je $L = 9$; tada je $N_u = 0,72 \approx 1$. Uslov je prvi stići u zonu uspešnog dejstva i pravovremeno lansirati rakete.

Ovim primerima je pokazan samo mali deo *metode efikasnije procene borbenih situacija*.

LITERATURA

- [1] Lozik P., Petuhov S.: *Primenenie metodov teorii massovogo obsluzhivaniya pri rešenii zadač protivovozdušnoj oboroni vojsk*. Voenaja misl, 11. 1973.
- [2] Petuhov. S. I., Stepanov, A. N.: *Efikasnost raketnih sredstava PVO* (prevod sa ruskog), VIZ, Beograd, 1979.
- [3] Palij, I. A.: *Radio-elektronska borba* (prevod sa ruskog), VIZ, Split, 1982.
- [4] Razingar, A.: *Protivelektronska dejstva* (drugo prošireno izdanje), VIZ, Beograd, 1982.
- [5] Šlezinger R.: *Principi protivelektronske borbe* (prevod sa engleskog), SSNO, Beograd, 1985.
- [6] Roganović M., *Protivelektronska zaštita radara i radarskih sistema*, Savremeni strategijski problemi br. 13. Institut za strategijska istraživanja, Beograd, 1988.
- [7] Ivković D., *Protivelektronska zaštita raketnih sistema*, Savremeni strategijski problemi Br. 13. Institut za strategijsko istraživanje, Beograd, 1988.
- [8] Lovrić J.: *Elektronska oprema i naoružanje savremenog borbenog aviona*, Vojnoizdavački i novinski centar, Beograd, 1991,
- [9] Đorđević D.: *Optimizacija snaga za protivelektronsku borbu u operativno-strategijskim sastavima* (doktorska disertacija), Beograd, 2002.
- [10] Šepc V. V.: *Procena efikasnosti sistema veza u borbi*, lično izdanje, Beograd, 2004.
- [11] Šepc V. V.: *Efikasnost sistema PVO u uslovima elektronskih dejstava*, Vojnotehnički glasnik br. 1, Beograd, 2007.

III Deo

**PROCENA EFIKASNOSTI OKLOPNIH JEDINICA U
NAPADU**

UVOD

Najveće bitke oklopnih (tenkovskih) jedinica posle Drugog svetskog rata i bitke kod Kurska 1943. godine, gde je bilo angažovano na obe strane oko 2500 tenkova i oklopnih vozila, vođene su na Sinajskom poluostrvu u Četvrtom arapsko-izraelskom ratu 1973. godine. Prvi put masovno upotrebljene vođene protivoklopne (PO) rakete bile su vrlo efikasne i uništile su najviše oklopnih sredstava.¹⁶⁴ Na tzv. srednjim daljinama (500 do 3000 m) na povoljnom zemljisu pokazale su se kao najefikasnije PO sredstvo. Velika preciznost i mogućnost korišćenja vođenih PO raketa na zemlji i iz vazduha (sa helikoptera i aviona) znatno su uticali na tehničko usavršavanje tenkova i na organizaciju i formaciju, kao i na taktiku primene.

Pošto „sendvič“ oklop nije odoleo kumulativnom dejstvu PO raketa, moralo se potražiti novo rešenje, a to je bio aktivno-reakтивni oklop koji se dodatno postavlja na tenkove. Tako je nastavljena „trka“ između tehnološkog usavršavanja sredstava za borbu protiv tenkova i drugih oklopnih vozila i tehnološkog usavršavanja tenkova. Poboljšana PO sredstva (projektili) sa kinetičkom energijom i PO rakete sa dvostrukim (tandem) kumulativnim dejstvom i drugih specifičnih sredstava za dejstvo po tenkovima kao što su razni kontejneri za rasejanje podkalibarne municije i pojava klaster bombi za dejstvo po grupi tenkova, zahtevali su od tenka novu zaštitu, odnosno čitavu lepezu zaštite.

U radu su istaknute mogućnosti koje stoje na raspolaganju tenku (i drugim oklopnim vozilima) radi vlastite zaštite od različitih uređaja za elektronsko izviđanje i ubojnih sredstava, kako bi bio što otporniji i ostao „udarna pesnica“ u savremenim ofanzivnim borbenim dejstvima. Međutim, u obradi mogućih mera zaštite tenka nećemo se baviti tehnološko-tehničkim rešenjima koja treba da su poznata, već ocenom efikasnosti pojedinih mera, odnosno protivoklopne borbe (POB) u celini, a za to će nam poslužiti *metoda efikasnije procene borbene situacije*. Naravno, prvo ih treba nabrojati.

1. MERE ZAŠTITE KOJE SE NA TENKU MOGU PRIMENITI

Pošto će se naša analiza zadržati na PO borbi, na tzv. srednjim daljinama, pitanje je kolika je verovatnoća otkrivanja ciljeva – tenkova¹⁶⁵ da bi se po njima dejstvovalo PO sredstvima. Napomenimo da se okloplna sredstva na ovim

¹⁶⁴ Vođenje PO rakete uništile su oko 70%, PO-artiljerija i tenkovi 10–15% i posrednim gađanjem artiljerije 10–15% izraelskih tenkova. Izraelske snage uništile su oko 50% egipatskih tenkova PO raketama [1].

¹⁶⁵ Može se procenjivati na osnovu statističkih podataka sa taktičkih vežbi.

daljinama – odstojanjima mogu otkriti vizuelno ili uz pomoć radara za otkrivanje borbenih sredstava ili optoelektronskih sredstava (pojačavača svetlosti, televizije i televizije niskog nivoa osvetljenosti, termovizije, i drugo). Naravno, ostaje još jedno sredstvo, a to je radio-izviđanje, kada oklopne jedinice „mora“ da koriste radio-veze. Međutim, najčešće će zadatak radio-izviđanja biti otkrivanje radio-veze radi njenog ometanja.¹⁶⁶

Jedna od prvih mera u borbi sa optoelektronским uređajima za izviđanje je smanjenje prozračnosti atmosfere. U IC-području atmosfera je prozračna u tzv. „prozorima“, te je treba tako pokvariti da je u tim „prozorima“ neprozračna i da se uređajima koji rade u tom području onemogući rad.

Prozračnost atmosfere (za vidljivi deo spektra gde može biti i TV vođenje) smanjuje se aerosolnim ili dimnim zavesama na već konvencionalni način.¹⁶⁷

Prigušne zavesе smeštaju se između optoelektronskih uređaja i cilja, što je relativno lako izvodljivo na zemljištu.

Sem toga, sopstveno topotno zračenje može se smanjiti tako što se motorni prostori topotno izoluju primenom višeslojne opalte. Izduvni sistem se topotno izoluje obavljanjem azbestom ili staklenom vunom ili se zaslon za topotnu izolaciju postavlja između prostora i izduvnog sistema.

Za ometanje rada optoelektronskih uređaja, pored IC zaslepljivača (emitera – ometača) a posebno za skretanje ispaljenih projektila na tenkove, mogu se koristiti i lažni ciljevi – topotni mamci. Lažni ciljevi u IC-području su veći izvori IC-zračenja od stvarnog cilja i stvaraju se pirotehničkim ili optoelektronskim sredstvima. Da bi stepen iskorišćavanja (obično ograničenog broja)¹⁶⁸ lažnih ciljeva kojima raspolaže stvarni cilj (u našem slučaju tenk) bio što veći, stvarni ciljevi, tj. tenkovi opremaju se detektorom momenta lansiranja rakete.

Pored većeg topotnog zračenja mamci bi trebalo da imaju i jednaku spektralnu raspodelu zračene topotne energije sa stvarnim ciljem (njegov „topotni potpis“) što se u praksi teško postiže. Lažni topotni mamci mogu biti: oblak zapaljenog goriva, pirotehnički mamci (izbacivači protivradarskih dipola koriste se i za izbacivanje pirotehničkih topotnih mamaca) i druge moguće realizacije.

¹⁶⁶ Verovatnoća radio-izviđanja i ometanja može da se izračuna pomoću formule Erlanga [5].

¹⁶⁷ Jedna od dobrih prigušnih sredstava specijalno za IC-područje je dimna zavesa iz titanhlorida (TiCl) [3]. Savremene dimne granate razvijaju dimnu zavesu za oko 3 s, a njeno delovanje iznosi oko 20 s, a pokrivaju tipičan opseg termovizijskih sistema.

¹⁶⁸ U daljem tekstu pokazaćemo koliko je potrebno lažnih ciljeva da bi se postigla odgovarajuća (zadovoljavajuća) efikasnost. Razvijeni su i ometači za obmanjivanje trasera PO rakete koja se vodi žicom, stvarajući par lažnih odraza koji podražavaju svetleći traser u zadnjem delu rakete koji služi poslužiocu za poluautomatsko vođenje rakete. Vidi literaturu [6].

Sistemi protivlaserskog obeležavanja cilja i daljinskoga daljinomera sastoje se iz prijemnika koji prima impulse obeleživača cilja ili daljinomera i određuju njihovu talasnu dužinu i impulsnu frekvenciju (periodu ponavljanja impulsa). Na osnovu tako određenih podataka generiše se lažni signal sa drugim karakteristikama daljine, koji je po intenzitetu jači od stvarnog.

Istovremeno sa razvojem aktivnih mera protiv laserskih daljinomera i laserskih obeleživača cilja primenjuju se i metode za smanjivanje reflektivnosti u IC-području (i radarskom) u obliku niskoreflektivnih boja kojima se tenkovi mogu prekrivati.

Sistemi dejstva protiv oružja koje koriste optičke nišanske sprave su snažni laseri koji imaju za cilj zaslepljivanje nišandžija.

Naveli smo mogućnosti smanjenja prozirnosti atmosfere u vidljivom, i IC-području, a ostala je još mogućnost radarskog izviđanja.

Tenkowske jedinice u napadu teško mogu da koriste maskirne osobine zemljišta, ali se mogu primeniti pasivni dipoli.¹⁶⁹

Zavisno od načina izbacivanja paketića pasivnih dipola, količine pasivnih dipola u paketu, intervala izbacivanja i brzine raspršivanja, stvorene su razne tehnike primene pasivnih dipola sa različitim efektima na pokazivačima radara.

Postupak stvaranja *koridora* koristi se za prikrivanje tenkova koji će u vreme postojanja oblaka (pasivnih dipola) proći tako stvorenim koridorom (npr. napravljen prolaz kroz minsko polje). Na radarskim ekranima stvara se jedinstvena svetla mrlja u kojoj nikakvi ciljevi više nisu vidljivi. Upotreba koridora u dužem vremenskom periodu je otežana, pa je prigodnije na prostoru između radara i kretanja tenkova stvoriti *zaslon* ili *radarsku zavesu* koja se takođe stvara oblakom pasivnih dipola, a može biti jako pogodna i efikasna.

Lažni ciljevi stvaraju se izbacivanjem paketića pasivnih dipola raketama sa tenka.¹⁷⁰ Međusobna udaljenost pojedinih oblaka pasivnih dipola mora biti znatno veća od rezolucije radara, a broj dipola u svakom oblaku mora odgovarati cilju koji se imitira.

Primenom oblaka pasivnih dipola moguće je aktivirati blizinski radarski upaljač na raketama. Da bi oblak pasivnih dipola bio efikasan, mora biti frekventno širokopojasan, a na svakoj rezonantnoj frekvenciji mora imati potreban broj dipola, koji je neophodan za obrazovanje lažnog cilja.

Oblakom pasivnih dipola mogu se efikasno skretati dejstva sistema navođenja, a posebno samonavođenja, koja koriste radarske uređaje za automatsko praćenje po daljini i pravcu.

¹⁶⁹ Jednačina za izračunavanje potrebnog broja dipola na 1 m^3 , koeficijent prigušenja i dr. obrađeni su u značajnom broju literature, pa se ovde neće obrazlagati. Vidi literaturu [3].

¹⁷⁰ Pasivne dipole mogu izbacivati sami tenkovi ili druge jedinice iz vazdušnog prostora ili sa zemlje. Prigušenje prostora postiže se i aerosolima koji u svom sastavu sadrže visoko apsorpcione komponente. Njihova prednost je relativno mala zavisnost od talasne dužine.

Sve navedene mere zaštite koriste se već duži vremenski period u vazduhoplovstvu i mornarici, a sada se sve više koriste i u kopnenoj vojsci, a pre svega u oklopnim jedinicama.

Međutim, postoji još jedna mera zaštite koju je moguće primeniti u oklopnim jedinicama, a to je aktivna oklopna zaštita. Sistem se načelno sastoji od radara, senzora za brzo reagovanje, lansera za protivdejstva i kompjuterske upravljačke jedinice. Radar (sa četiri ravne antene koje pokrivaju sektor od 360° u horizontalnoj ravni i široki ugao po elevaciji) otkriva i prati potencijalne opasnosti na bliskim rastojanjima, a upravljačka jedinica koja je spojena sa IC-senzorima, uključuje dva brzopokretna lansera koji pokrivaju sektore od 270° , čime je obezbeđeno preklapanje i kružna zaštita, a ujedno određuje vreme aktiviranja „presretača“ (specijalne mine). Oni su podešeni tako da eksplozijom dovoljne snage u neposrednoj blizini tenka prouzrokuju spaljivanje – bez eksplozije kumulativne bojeve glave PO projektila – sa minimalnom kolateralnom štetom na tenku. U slučaju napada projektila sa kinetičkom energijom, presretači eksplodiraju pred njima, nagniju ih prema dole tako da projektili udaraju u tenk (borbeno vozilo) pod uglom koji umanjuje njihovu probajnu moć. Treba naglasiti da ovi uređaji imaju i taktičko-tehnička ograničenja, kao što su: maksimalne brzine projektila ili raketa na koje mogu dejstvovati, vreme reakcije sistema i vreme ponovne spremnosti za dejstva i dr.

Razvijeni su i sistemi za zaštitu tenka iz gornje polusfere, sa zaštitnim kasetama za uništavanje ciljeva sa fokusiranim i trenutnim efektom. Ova zaštita dolazi do izražaja kada se na tenk dejstvuje iz vazdušnog prostora, posebno dolazi do izražaja od rasipavajućih (klaster) bombi koje deluju skoro vertikalno na tenkove.

Zbog velike zapaljivosti PO projektila sa kumulativnim dejstvom i drugih projektila sa zapaljivim sredstvima značajni gubici kod tenkova nastaju zbog požara i eksplozije goriva (prema nekim statističkim podacima iz savremenih ratova i do 50%) pa je izuzetno značajna protiv-požarna zaštita, odnosno u tenkove se ugrađuju sistemi za zaštitu od eksplozije goriva i požara. Ovi sistemi sastoje se iz senzora (optičkih detektora kumulativne eksplozije), upravljačke jedinice i odgovarajući broj boca sa sredstvima za gašenje požara (halon i dr.).

Radio-veza je u oklopnim jedinicama osnovna vrsta veze, a eventualno se može koristiti i signalna veza.

Zbog ograničenog frekvencijskog resursa može se očekivati unapred pripremljeno ometanje i tzv. repetitorsko ometanje radio-veza. Zato najveću zaštitu pružaju radio-uredaji koji koriste jednu od metoda prenosa signala sa ekspandovanim spektrom, a radio-saobraćaj treba obavljati kratkim signalima.

U borbenim dejstvima dolazi i do dejstava po vlastitim sredstvima (tenkovima) ili sadejstvujućim (prijateljskim). Zato je neophodna automatska identifikacija borbenog sredstva, koja će ovu pojavu sprečiti ili umanjiti.

Sve navedene mere imaju primarni cilj zaštite ljudstva u tenku.

2. ANALITIČKI MODEL ZA PROCENU EFIKASNOSTI PROTIVOKLOPNIH SREDSTAVA I MERA ZAŠTITE TENKA

Da bismo mogli ocenjivati efikasnost pojedinih mera zaštite tenka, podimo prvo od analize protivnika, tj. od moguće ocene efikasnosti PO sredstava.

Kao kriterijumi ocene borbene efikasnosti raketnih sistema POB (kao i protivoklopne artiljerije) može se primenjivati matematičko očekivanje broja uništenih tenkova (oklopnih transportera) u toku odbijanja napada [5, 7 i 8]:

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

gde je:

N_u – srednji broj uništenih ciljeva (tenkova i transportera)¹⁷¹;

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

n – broj lansera raketa ili PO topova na branjenoj teritoriji (Poznato je da je tenk tenku bio «njaveći protivnik», te u ukupan broj PO sredstava treba ubrajati i tenkove. Da bi se lakše pratio analitički model, oni se ovde posebno ne navode);

n_u – broj uništenih lansera ili PO topova;

p_m – verovatnoća pogodanja cilja, i

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

L – lažni ciljevi.

Veličinu p_m moguće je odrediti na osnovu formule:

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

gde je:

p_1 – verovatnoća pogodanja cilja sa jednom protivtenkovskom raketom ili jednim projektilom PO topa (ova verovatnoća za vođene PO rakete kreće se čak do 0,9), i

m – broj upotrebljenih raketa ili projektila.

Za određivanje verovatnoća p_u neophodno je poznavati verovatnoću otkrivanja cilja (p_i), a zatim dužinu vremena koje nam je potrebno za lansiranje

¹⁷¹ U ovaj broj spadaju povratni i nepovratni gubici borbenih sredstava. Analiza odnosa ovih gubitaka kao i vremena za popravku (remont) oštećenih sredstava nije analizirana, jer nije neophodna za primarnu procenu.

jedne rakete (sa vođenjem, ako nije samonavođena), odn. projektila kod PO oruđa, a zvaćemo ga *vreme opsluživanja* (t_{op}) i dužinu vremena, kada se cilj nalazi u zoni gađanja, a koju ćemo zvati *vreme gađanja* (t_g).

A sada pokušajmo da analiziramo svaki pojedinačni lanser (ili PO top) kao jednokanalni sistem masovnog opsluživanja sa otkazom,¹⁷² pa je verovatnoća uništenja (gađanja) [7 i 8]:¹⁷³

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

gde je:

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

ρ – parametar koji se proračunava na osnovu izraza:

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

gde je:

t_{op} – srednje vreme opsluživanja,

t_g – vreme gađanja cilja.

Srednje vreme opsluživanja može se izračunati kao:

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

gde je:

T_n – prognozirano vreme kretanja cilja,

q – količina PO raketa ili projektila, koja se za to vreme može lansirati, odnosno naša analiza odnosiće se na broj lansiranja/gađanja u minuti. Ova veličina je definisana za određene sisteme PO, ali zavisi i od obučenosti poslužilaca.

Vreme gađanja cilja može se predstaviti izrazom:

¹⁷² Pri analizi polazimo od pretpostavke da se pojavljivanje ciljeva može identifikovati kao Puasonov tok [5].

¹⁷³ U teoriji gađanja definisani su pojmovi, vidi literaturu [2]: verovatnoća pogadanja (odgovara verovatnoći p_m) i verovatnoća uništenja cilja (nije identična verovatnoći p_u). Međutim, verovatnoću p_u možemo tretirati i kao verovatnoću gađanja cilja, jer se ovde izračunava prevashodno verovatnoća sa kojom ćemo dejstvovati po nekom cilju sa namerom da taj cilj uništimo ili onesposobimo za dalja dejstva, odnosno izvršavanja zadatka, što je veća verovatnoća dejstva po cilju, veća je verovatnoća da će cilj biti uništen ili oštećen, pa se zato ove verovatnoće mogu identifikovati kao jedna verovatnoća.

Verovatnoća uništenja (gađanja) se u četvrtom arapsko-izraelskom ratu kretala u vrednostima od 0,5–0,6 za PO rakete, a od 0,2–0,25 za PO topove [1].

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

gde je:

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

V_c – srednja brzina kretanja cilja (tenka).

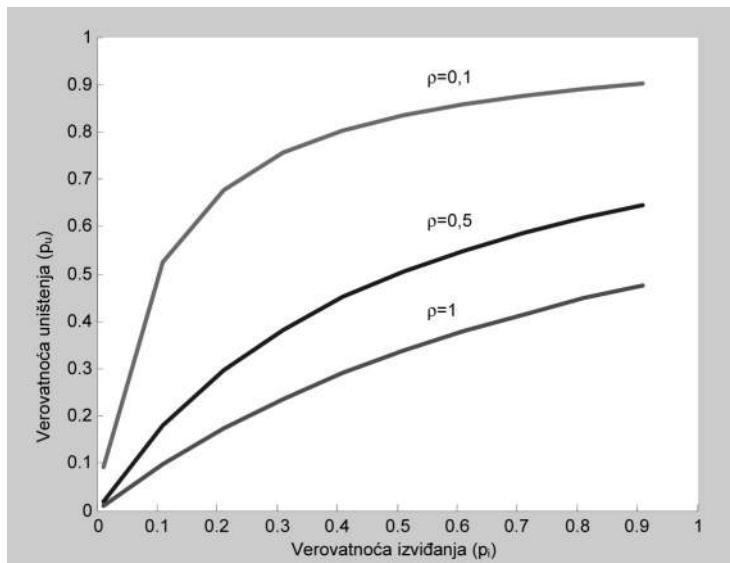
Formula (3) izračunava verovatnoću uništenja (p_u) sa jednim oruđem ($n = 1$), a za grupu oruđa ($n > 1$) verovatnoća uništenja (p_u) je:

$$p_u = 1 - \frac{\rho^n \cdot \frac{1}{n!}}{\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!} \cdot \frac{1}{p_i^k}} \quad (3/1)$$

gde je k broj aktivnih oruđa (lansera raketa ili PO topova).

Na sl. 1. date su krive zavisnosti verovatnoće dejstava po tenkovima, odn. verovatnoće uništenja zavisno od verovatnoće otkrivanja tenka. Prema tome, sve mere koje smanjuju verovatnoću otkrivanja i praćenja tenkova vizuelno, optoelektronskim i radarskim sredstvima smanjuju verovatnoću uništenja, ali na to značajno utiče još jedan parametar koji je sa verovatnoćom izviđanja u direktnoj međuzavisnosti. Međutim, ovde nije moguć egzaktan pristup tj. tačno izračunati koliko će se smanjiti verovatnoća izviđanja npr. zadimljavanjem¹⁷⁴ ali će se sigurno smanjiti vreme gađanja cilja (t_g), time se povećava parametar ρ , a verovatnoća uništenja tenka se smanjuje, a sve to ilustruje sl. 1.

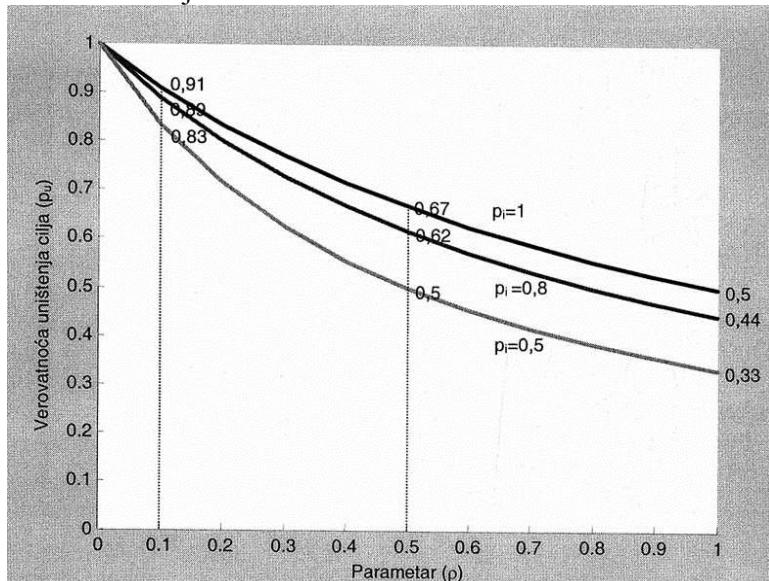
¹⁷⁴ Empirijski podaci iz lokalnih ratova, ali i taktičkih vežbi pokazuju da dimne zavese mogu višestruko da smanje gubitke. To znači da se pre svega smanjuje verovatnoća otkrivanja cilja (p_i), zatim se smanjuje vreme gađanja cilja (t_g), a samim tim se značajno smanjuje i verovatnoća uništenja ciljeva (p_u).



Slika 1. Zavisnost verovatnoće uništenja tenka p_u od verovatnoće otkrivanja p_i

Značaj правовременог оtkrivanja циља илуструје и девиза «ко први откриje циљ, први и vatru otvara», а time стиче и могућност да први унишиције циљ противника.

Утицај параметра ρ на вероватноћу уништења тенка који представља однос средnjeg vremena опслуživanja и raspoloživog vremена за гађање тенка, у зависности од вероватноће извиђања представљен је кривама зависности на слици 2. On покажује колико пута ће се моći гађати тенк, с једном ракетом или пројектилиом или са више njih.



Slika 2. Zavisnost verovatnoće uništenja tenka p_u od параметра ρ

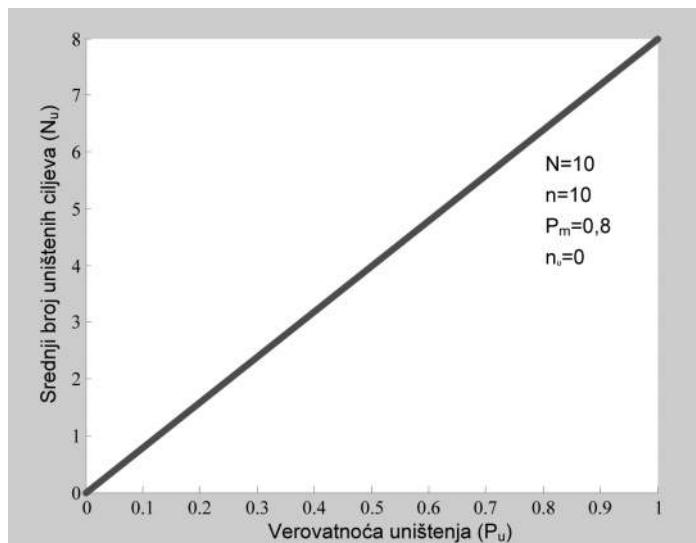
Ovaj parametar je od ključnog značaja, jer na njega utiču verovatnoća izviđanja (otkrivanje i praćenje tenka), tehnički parametar (vreme koje je potrebno za dejstvo po tenku), ali i obučenost poslužilaca. Obzirom da ga otkriva vlastito dejstvo, protivnik će težiti da brzim i čestim manevrom (promeštanjem vatrenog položaja) izbegne protivdejstvo tenkova.

Na osnovu predstavljenih krivi zavisnosti na slici, protivnik će težiti da ima što kraće vreme za opsluživanje i što duže vreme za gađanje tenka, pošto se u tim uslovima postiže najveća verovatnoća uništenja cilja. Ovo može obezbediti pravilnim izborom sredstava i položaja za dejstvo. Zato će koristiti lansirna sredstva na oklopnim transporterima i helikopterima, ukoliko njima raspolaze. Nasuprot iznetom tenkovske jedinice će se koristiti na tenkoprohodnim pravcima, gde njihove performanse (vatra, pokret i oklop) dolaze do punog izražaja. Zato tenkovski napad mora biti masovan, sveobuhvatan, neprekidan, raznovrstan i odlučan (ovo su osnovna taktička načela). Navedeno ilustruju i dobijene veličine prikazane u sledećoj tabeli:

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

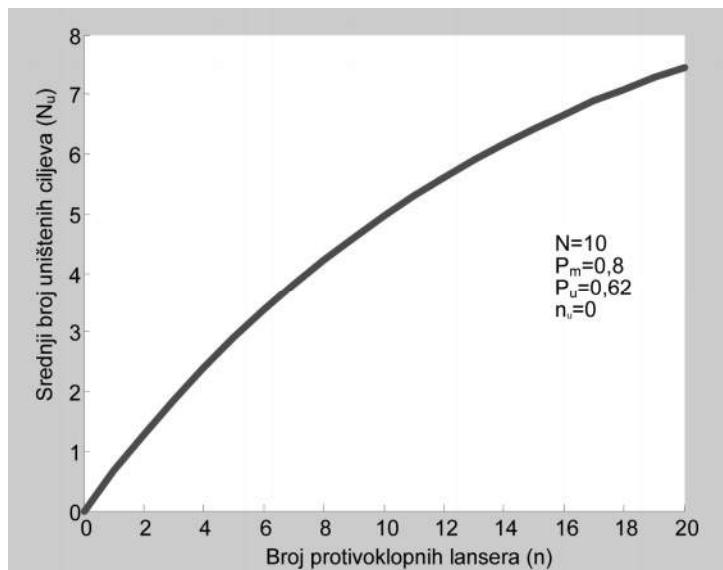
Protivnik će težiti da verovatnoća uništenja bude što veća, tj. približno 1. Da bi to postigao potrebno je da verovatnoća izviđanja bude takođe što veća, a parametar ρ što manji. Naravno da su ciljevi tenkova suprotni (vidi sl. 1 i 2.)

Zavisnost srednjeg broja uništenih tenkova od verovatnoće uništenja, odnosno verovatnoće da će po tenku biti izvršena dejstva (lansirane PO rakete ili projektili) kada je verovatnoća otkrivanja ciljeva ($p_i = 1$) i parametar $\rho \leq 1$, vidi se na slici 3.



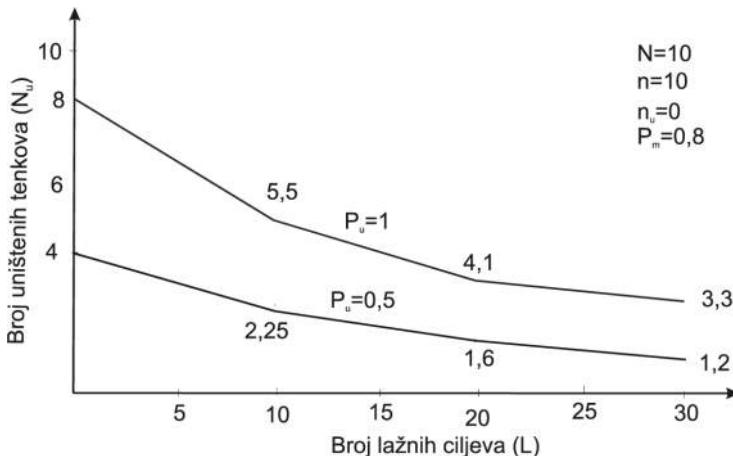
Slika 3. Zavisnost broja uništenih tenkova N_u od verovatnoće uništenja tenka p_u

Zavisnost srednjeg broja uništenih tenkova od broja PO lansera (topova), kada je verovatnoća otkrivanja tenkova ($P_t = 0,8$) i parametar ρ ($\rho = 0,5$) tada je verovatnoća uništenja-gadanja $P_u = 0,6$, predstavljena je na slici 4. Ova međuzavisnost pokazuje, u stvari, „odnos snaga“ i omogućava da se izabere što celishodniji odnos, odn. da se on menja po pravcima dejstva.



Slika 4. Zavisnost broja uništenih tenkova N_u od broja PO sredstava n

Na sl. 5 prikazan je uticaj lažnih ciljeva (IC ili pasivnih dipola) na srednji broj uništenih tenkova. Ako svaki tenk lansira po 1, 2 ili 3 lažna cilja, srednji broj uništenih tenkova će se značajno smanjiti. Pri lansiranju tri lažna cilja po tenku, srednji broj uništenih tenkova smanjiće se od 50–75%, zavisno od verovatnoće sa kojom se dejstvuje po tenkovima.



Slika 5. Zavisnost broja uništenih tenkova N_u od broja lažnih ciljeva L

U daljem tekstu dokazaće se da svi sistemi aktivne zaštite tenka utiču na smanjenje verovatnoće uništenja (p_u). Već smo pomenuli verovatnoću izviđanja koja treba da bude što manja ($p_i \ll 1$), parametar ρ što veći, po mogućnosti veći od jedan ($\rho \geq 1$), a da verovatnoća ometanja IC i laserskog navođenja bude što veća ($p_o \geq 0,7$) i verovatnoća „eksplozivnog štita“, takođe što veća ($p_e \geq 0,7$).

Ako se želi izračunati verovatnoća ometanja IC sistema, laserskog obeležavanja i vođenja na cilj (kao i laserskog daljinomera), potrebno je razmotriti verovatnoću ometanja (p_o) za različita sredstva (IC zaslepljivači, svetlosni reflektori i farovi, gasne lampe, pirotehnička sredstva, piropatroni, svetleće rakete i granate, zapaljive avio-bombe i dr.). Naravno ove verovatnoće mogu se prikupljati na vežbama ali i ratnim dejstvima i statistički obrađivati. Ako ne raspolažemo empirijskim rezultatima ovu verovatnoću možemo samo procenjivati.¹⁷⁵ Da bi ta procena bila što validnija možemo formulu (3) dopuniti verovatnoćom ometanja IC sistema i lasera (P_o), te će formula glasiti [8, 9]:

¹⁷⁵ U literaturi [4, 6] dati su podaci za određene uređaje, koji ometaju IC i lasersko navođenje PO raketa, da smanjuju verovatnoću pogodanja (p_m) za 3÷5 puta. To znači ako je $p_m = 0,9$, ona se ometanjem degradira na $p_m = 0,2 \div 0,3$, a kod samonavodenih projektila za 1,5 puta, tj. ako je $p_m = 0,8$ ometanjem se smanjuje na $p_m = 0,5$. Kada se ovi rezultati unesu u formulu (1) i

$$p_u = 1 - \frac{\rho}{1 + \frac{p_i \cdot p_L}{\rho}} \quad \text{gde je } p_L = 1 - p_o \quad (7)$$

Proračuni će pokazati koliki je uticaj verovatnoće ometanja IC sistema i lasera (p_o) na verovatnoću uništenja tenkova (p_u). Na osnovu prognozirane verovatnoće ometanja (p_o) zavisno od sredstava za ometanje sa kojima raspolažemo, proračunaćemo i smanjenje u gubicima tenkova.

Primera radi: ako je $\rho = 0,8$ i $p_i = 0,8$, a $p_L = 1$ (bez ometanja), onda je prema formuli (7) verovatnoća uništenja tenka $p_u = 0,5$. Za iste uslove ali sada ometamo lasersko navođenje sa $p_o = 0,6$, pa će verovatnoća uništenja biti $p_u = 0,3$, a ako je $p_o = 0,8$ $p_u \approx 0,2$. Prema formuli (1) kada nema ometanja za $N = n = 10$, $n_u = 0$ i $p_m = 0,9$, broj uništenih tenkova je $N_u = 4,5$, sa ometanjem sa $p_o = 0,6$ $N_u \approx 3$, a sa $p_o = 0,8$ $N_u \approx 2$. Rezultati uspešnog ometanja su očigledni.¹⁷⁶

Verovatnoća uništenja PO raketa i projektila bojnim punjenjem određuje se eksperimentalno-teorijskom metodom. Potrebno je obaviti specijalne eksperimente (laboratorijsko i poligonsko ispitivanje, itd.) na osnovu kojih se određuju svi neophodni parametri: karakteristike i osetljivosti PO raketa i projektila, karakteristike bojeve glave, odbrambene mine, karakteristike upaljača, moguće greške u vremenu presretanja rakete ili projektila, i dr. Za orijentacione proračune moguća je manja ili veća matematička aproksimacija ili određena procena. Zato se možemo zadovoljiti slobodnom procenom da se ova verovatnoća kreće u granicama od 0,5–0,8, te je uslovno možemo zvati „eksplozivni štit“.

Ako se formula (3) dopuni verovatnoćom „eksplozivnog štita“ (p_e) ona glasi [8, 9]:

ako je $N = n = 10$, $n_u = 0$ i za maksimalne vrednosti $p_i = 1$, $\rho = 0,1$, $p_m = 0,9$ i $p_u = 0,9$ gubici su $N_u = 8$ tenkova. Izmenom vrednosti $p_m = 0,2$ gubici su $N_u \approx 2$ tenka, tj. četiri puta manji. Da bi se ovo realizovalo potrebno je da ovi sistemi za ometanje rade sa verovatnoćom $p_o = 0,98$, odnosno $p_o \approx 1$ računati prema formuli (7) što je u borbenim dejstvima vrlo teško postići, tj. skoro nemoguće.

¹⁷⁶ Takođe u literaturi [6] konstatuje se da opremanje tenkova sistemom (sistemima) aktivne zaštite može dvostruko povećati njihovu moć preživljavanja na bojištu tokom ofanzivnih operacija (bojeva i borbi). U ovom slučaju gubici se smanjuju za 1,5–1,7 puta. Ovaj zaključak se potvrđuje korišćenjem iznete metode procene. Na primer, najnepovoljniji uslovi za tenk su: $N = n = 10$, $n_u = 0$, $p_m = 0,9$ i $p_u = 0,9$ (za $p_i = 1$, $\rho = 0,1$); gubici tenkova prema formuli (1) su $N_u = 8$. Kada se štitimo ometanjem IC i laserskog navođenja sa $p_o = 0,9$, gubici tenkova su $N_u = 4,5$, što iznosi smanjenje gubitaka za 1,8 puta. Ovo potvrđuje i prethodno navedeni primer.

$$p_u = 1 - \frac{\rho}{1 + \frac{p_i \cdot p_n}{\rho}} \quad \text{gde je} \quad p_n = 1 - p_e \quad (8)$$

Kada je: $\rho = 0,1$, $p_i = 1$, a $p_e = 0$, onda je $p_u = 0,9$ (ovo su optimalni uslovi za dejstvo po tenku).

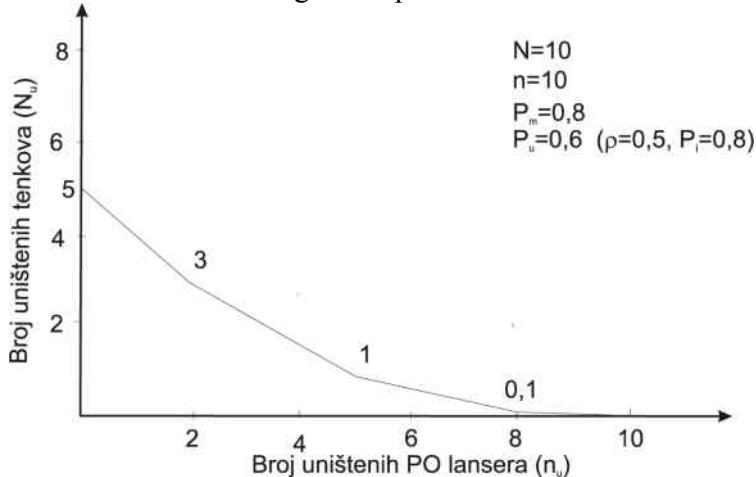
Za iste uslove, pri $p_e = 0,5$ $p_u = 0,83$, za $p_e = 0,8$ $p_u = 0,67$.

Učinak „eksplozivnog štita“ je očigledan samo ako je p_e veliko.¹⁷⁷

Ako se formula (7) dopuni formulom (8) ona će glasiti [8, 9]:

$$p_u = 1 - \frac{\rho}{1 + \frac{p_i p_L p_n}{\rho}} \quad \text{gde su:} \quad p_L = 1 - p_o \quad \text{i} \quad p_n = 1 - p_e \quad (9)$$

Na sl. 6 data je zavisnost broja uništenih tenkova od broja uništenih PO lansera (topova). Kriva zavisnost pokazuje da se sa uništenjem polovine PO lansera naši gubici smanjuju više od 60%. Nije potrebno dalje dokazivati da je najbolja „zaštita“ naneti što veće gubitke protivniku.



Slika 6. Zavisnost broja uništenih tenkova N_u od broja uništenih PO lansera (topova) n_u

¹⁷⁷ U literaturi [6] se navodi da se ova verovatnoća zaštite („eksplozivnog štita“) za određene uređaje kreće u vrednostima od $\geq 0,7$ do $\geq 0,9$.

3. ANALITIČKI MODEL ZA PROCENU EFIKASNOSTI TENKA I TENKOVSkiH JEDINICA

Adekvatno posmatranju protivničke strane, možemo i svaki pojedinačni tenk posmatrati kao jednokanalni sistem masovnog opsluživanja sa otkazom, uz isti uslov da se pojavljivanje ciljeva može identifikovati kao Puasonovo tok, pa je verovatnoća uništenja iz tenka protivničkih PO ciljeva (P_{ut}) data izrazom [7, 8, 9]:

$$p_{ut} = 1 - \frac{\frac{\alpha}{p_{it}}}{1 + \frac{\alpha}{p_{it}}} \quad (10)$$

gde je:

p_{it} – verovatnoća otkrivanja ciljeva iz tenka, koja se procenjuje na osnovu empirijskih rezultata,¹⁷⁸

α – parametar koji označava odnos srednjeg vremena gađanja, odn. opsluživanja cilja i vremena za gađanje cilja, a proračunava se na osnovu izraza:

$$\alpha = \frac{t_{opt}}{t_{gt}} \quad (11)$$

gde je:

t_{opt} – srednje vreme opsluživanja (potrebno vreme za gađanje jednog cilja iz tenka). Savremeni tenkovi imaju brzinu gađanja 6–8 projektila u min. a perspektiva je 12–15.

t_{gt} – raspoloživo vreme za gađanje cilja, tj. vreme u kojem je cilj vidljiv i može se po njemu dejstvovati.

Kada je parametar $\alpha < 1$, znači da raspolaćemo sa dovoljno vremena da se cilj gađa bar sa jednim projektilom (raketom) i ako je verovatnoća otkrivanja

¹⁷⁸ Drugi način je pomoću teorije masovnog opsluživanja [5]:

$$p_{it} = 1 - \frac{\frac{\alpha}{K_s}}{1 + \frac{\alpha}{K_s}}$$

gde je: K_s – ukupna operativna i tehnička ispravnost tenka.

Kada je $\alpha \leq 1$, a $K_s = 1$, onda je $p_{it} = 0,5 \div 0,9$.

cilja velika ($p_{it} = 0,7\text{--}0,95$) verovatnoća dejstva tenka po cilju, odn. uništenja biće značajna ($p_{ut} = 0,5\text{--}0,9$).

Izneta analiza odnosi se na jedan tenk, a nas interesuje i procena uspešnog dejstva tj. verovatnoća uništenja neke tenkovske jedinice sa N tenkova. U tom slučaju matematički model je [5. 8. 9]:

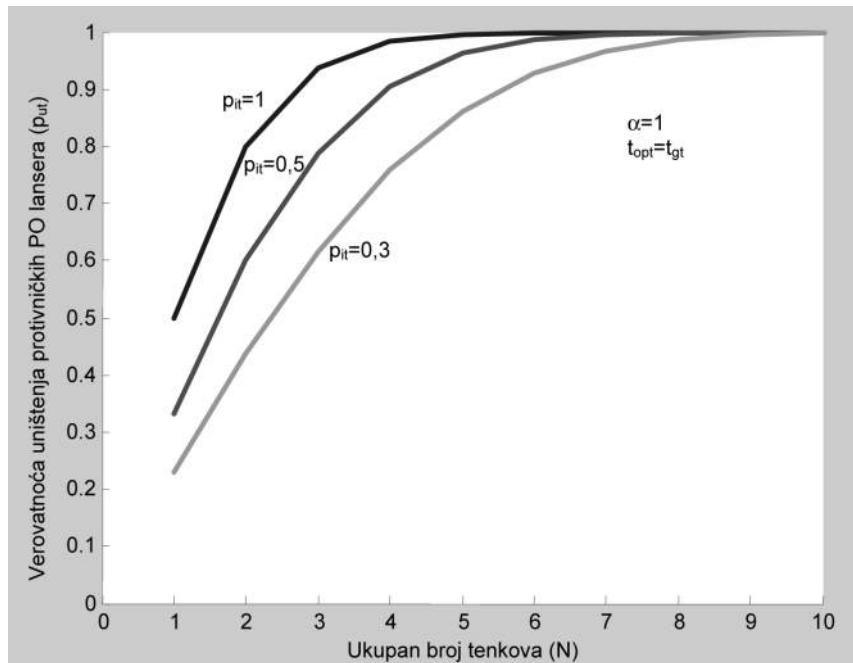
$$p_{ut} = 1 - \frac{\frac{\alpha^N}{N! p_{it}^N}}{\sum_{m=0}^N \frac{\alpha^m}{m! p_{it}^m}} \quad (12)$$

gde je:

N – ukupan broj tenkova,

m – broj trenutno aktivnih tenkova.

Na slici 7 prikazane su krive verovatnoće uništenja ciljeva (PO lansera, topova i dr.) u zavisnosti od broja tenkova koji po njima dejstvuju. Krive zavisnosti pokazuju staru „tenkovsku maksimu“, a to je „tenk se ne koristi pojedinačno, već grupno“.



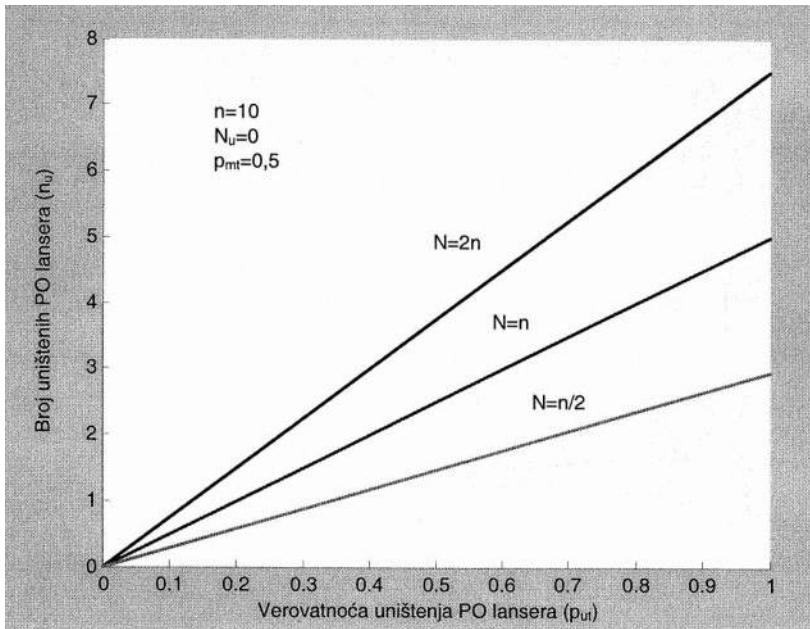
Slika 7. Verovatnoća uništenja ciljeva p_{ut} od broja tenkova N

Na kraju možemo, kao kriterijum ocene borbene efikasnosti tenkova odn. oklopnih jedinica, primeniti matematičko očekivanje broja uništenih PO sredstava u toku napada [5, 8, 9]:

$$n_u = n \cdot \left[1 - \left(1 - e^{-\frac{N_u}{N} \cdot p_{mt} \cdot p_{ut}} \right)^{\frac{N}{n}} \right] \quad (13)$$

Svi parametri u formuli su prethodno već objašnjeni /vidi formulu (1) i (10)/, sem verovatnoće pogađanja cilja iz tenka (p_{mt}). Pošto se iz tenka može dejstvovati na različite načine (vođenim ili nevođenim projektilima i raketama) po različitim ciljevima (nije isto gađati PO lanser prenosnog tipa ili na motornom vozilu – transporteru), a pošto razmatramo napad tenkova, to znači da dejstvujemo iz pokreta. Zato se možemo zadovoljiti slobodnom procenom da će ova verovatnoća biti oko 0,5 ($P_{mt} = 0,5$).¹⁷⁹

Na sl. 8 prikazane su krive zavisnosti srednjeg broja uništenih PO sredstava od verovatnoće uništenja (dejstvo po cilju iz tenka) i brojčanog odnosa tenkova/PO sredstava.



Slika 8. Zavisnost broja uništenih PO sredstava n_u od verovatnoće uništenja P_{ut}

¹⁷⁹ Realna vrednost ove verovatnoće može se dobiti statističkom obradom podataka sa taktičkih vežbi i bojevih gađanja, a na nju značajno utiče obučenost posluge.

Dijagram potvrđuje osnovno taktičko načelo, da se na težištu borbenih dejstava mora obezbediti nadmoćnost uz maksimalnu zaštitu tenkova, ali ne samo vlastitim sredstvima, već svih ostalih snaga u napadu (motorizovanih i artiljerijsko-raketnih jedinica, te avijacije za vatrenu podršku).

Na kraju se može postaviti i pitanje da li je moguće izračunati posebno verovatnoću ukupne zaštite tenka (p_z). Ona se može aproksimirati sledećom relacijom:

$$p_z = p_u \cdot (1 - p_o) (1 - p_e) (1 - p_k) \quad (14)$$

gde je:

p_k – verovatnoća k-te zaštite a verovatnoće p_o i p_e su nam poznate i definisane.

Zadatak mera zaštite tenka je da smanji verovatnoću uništenja tenka (p_u).

4. ZAKLJUČAK

Izneta procena efikasnosti oklopnih jedinica u napadu nije vezana za konkretni (identifikovani) tip tenka i veličinu jedinice. Razmatranje je teorijsko – uz pomoć matematičkih metoda gde je to moguće i pruža načelne osnove teoriji i praksi. Pošto nema uzora u domaćoj i nama dostupnoj stranoj literaturi a predstavlja i novinu, podložna je teorijskoj i praktičnoj proveri, a posebno na taktičkim vežbama i bojevim gađanjima oklopnih jedinica. Veliki broj proračuna prema opisanom matematičkom modelu daje pozitivne i realne rezultate, a prikazan je samo deo mogućih proračuna i procena. Ponuđena *metoda efikasnije procene borbene situacije* stalno se može dograđivati i usavršavati shodno zahtevima savremenih borbenih dejstava.

Proračuni prema analitičkom modelu za procenu efikasnosti PO borbe, prezentirani u ovoj knjizi (vidi prilog br. 25), pokazuju da je pri jednakom odnosu snaga (istи broј PO sredstava i tenkova) tj. pri odnosu snaga jedan prema jedan, tenkovska jedinica koja je u napadu u inferiornom položaju i da bi gubici tenkova bili znatno veći od PO sredstava. Zato je neophodno da tenkovi primenom niza mera zaštite promene ovaj odnos u svoju korist (vidi primere prema formulama 7, 8 i 9). Navedena procena potvrđuje i osnovna taktička načela upotrebe tenkova.

Krive zavisnosti za definisani tenk, jedinicu, zemljишte i vreme, procenu protivnika i drugih uslova, moguće je uraditi brzo, jer postoje računarski programi koji ovo omogućavaju.

Ako se postavi pitanje čemu služi celokupna analiza koja je prezentirana, odgovor je da služi: validnoj, objektivnoj i bržoj proceni borbene situacije protivnika i vlastitih snaga u koncipiranju napada oklopnih jedinica; predviđanju

kada i koliko dugo i kojim sredstvima (vlastite i druge zaštite) obezbediti oklopne jedinice da bi u napadnim dejstvima postigle što veću efikasnost, a to su što veći gubici protivnika i zauzimanje teritorije.

POB se ne izvodi samo na takozvanim srednjim daljinama (500-3000 m), koje smo mi analizirali. Ona se izvodi i na većim daljinama, artiljerijom i avijacijom, ali i na manjim, gde su značajna PO sredstva ručni bacači (za jednokratnu i višekratnu upotrebu, sa kumulativnim dejstvom), PO mine i dr. Cilj ovog rada nije kompletan analiza svih faza POB, već samo upotrebljena vrednost opisane metode.

Na kraju pokušajmo da nabrojimo (bez taktičko-tehničkih detalja) koje osobine može (treba) da ima savremeni tenk: veliku vatrenu moć ugrađenog topa (eventualno veći kalibar od 125 mm ili neka nova vrsta topa, sa tečnim punjenjem, elektromagnetski top i dr.), sposobnost za dejstvo u pokretu i sa automatskim punjenjem, sa različitim vrstama projektila vođenih i nevođenih za dejstvo po različitim ciljevima; spregnuti mitraljez i protivavionski (PA) mitraljez sa daljinskim upravljanjem iz tenka ili neki drugi vatreni sistem (vođene PA rakete, ili PA top 20–30 mm) za borbu sa PO helikopterima i avionima; sendvič i aktivno-reaktivni oklop sa što nižom siluetom (čak i bez kupole); veliku pokretnost (što veće brzine na ravničastom zemljištu, gasna turbina je veći potrošač goriva, pa je verovatna još uvek upotreba najusavršenijih dizel motora) za kretanje po različitom zemljištu i sposobnost savlađivanja određenih prepreka i vodenih tokova; sposobnost savlađivanja kontaminiranog prostora (meteo i drugi potrebni senzori, radiološka, hemijska i biološka zaštita); optoelektronske uređaje za dnevno-noćno kretanje i gađanje (laserski daljinomer i lasersko vođenje PO raketa ili projektila); optoelektronske i druge uređaje za ometanje ili neutralisanje protivničkih vođenih i nevođenih raketa i projektila; bacače dimnih (aerosolnih) kutija, odn. različitih mamaca i odbrambenih mina; protivpožarnu zaštitu i zaštitu od eksplozije goriva; satelitsku navigaciju i kompjutersko upravljanje i praćenje svih vitalnih podataka u tenku; radio-uređaje sa nekom od metoda prenosa signala sa ekspandovanim spektrom (npr. radio-uredaj sa frekventnim skakanjem); automatsku identifikaciju vlastitih i sadejstvujućih (prijateljskih) tenkova; srednje vreme popravke (remonta) oštećenog tenka da bude što kraće (korišćenje modularnih sistema), bez remonta vitalnih delova tenka; što manju poslugu, kao i druge osobine koje će tehnološko-taktički razvoj nametnuti, a koji se verovatno kreće ka što većoj robotizaciji.

LITERATURA

- [1] Grupa autora: *Četvrti arapsko-izraelski rat oktobra 1973.* GŠ JNA, Beograd, 1974.
- [2] Grupa autora: *Vojni leksikon,* VIZ, Beograd, 1981.
- [3] Razingar A.: *Elektronsko izviđanje i maskiranje,* VIZ, Beograd, 1976. i dopunjeno izdanje 1989.
- [4] Stišović M., Lazić Ž.: *Tenkovi sveta,* Novinsko izdavački centar „Vojska“, Beograd, 2002.
- [5] Šepc V.V.: *Procena efikasnosti veza u borbi,* Štamparija „Makarije“, Beograd, 2004.
- [6] Pantić M.: *Opstanak tenkova na bojištu,* MO, Uprava za školstvo, Vojna akademija, Beograd, 2007.
- [7] Šepc V.V.: *Modelovanje i analiza protivoklopne borbe,* Vojnotehnički glasnik, Beograd, 2007.
- [8] Šepc V.V.: *Matematičko modelovanje protivoklopne borbe,* XXXV Simpozijum o operacionim istraživanjima, Zbornik radova, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2008.
- [9] Šepc V.V.: *Procena efikasnosti oklopnih jedinica u napadu,* Novi glasnik, br. 4 (Vojnostručni i intervidovski časopis) Beograd, 2008.

IV Deo

**PROCENA EFIKASNOSTI ARTILJERIJSKIH
JEDINICA ZA PODRŠKU U BORBI**

UVOD

Bitna karakteristika borbenih dejstava OS protivnika je i masovna upotreba artiljerijsko-raketnih sistema oružja kao nosilaca vatrene moći. Artiljerijsko-raketne jedinice, zajedno sa oklopno-mehanizovanim, vazduhoplovnim i drugim rodovskim jedinicama, čine jedinstvenu snagu vatre, udara i manevra.

Sva dejstva protivnika biće podržana snažnom i masovnom artiljerijskom i raketnom vatrom, a posebno na težištu borbenih dejstava.

Zato je protivartiljerijsko-raketna borba bitan sadržaj oružane borbe u svim uslovima, a naša artiljerija je glavni nosilac te borbe. Ona svojom vatrom neutrališe te snage, otežava im dejstva ili ih uništava.

Izneto ukazuje na značaj procene vatrenih mogućnosti artiljerije za podršku u određivanju broja ciljeva koji se mogu neutralisati, tj. izračunavanju matematičkog očekivanja broja uništenih (onesposobljenih) ciljeva u toku borbe. Da bi se ova veličina što realnije izračunala (procenila) neophodno je poznavati ili izračunati još niz parametara. Dva su posebna značajna: verovatnoća pogadanja cilja i verovatnoća da će se dejstvovati po otkrivenim ciljevima, odnosno da će ovi ciljevi biti uništeni ili onesposobljeni za izvesno vreme. Ovo su pitanja koja će se pokušati obraditi u narednom tekstu, uz pomoć *metode efikasnije procene borbene situacije*.

Ostala pitanja kao što su mogući vatreni zadaci i vrste artiljerijskih vatri su poznata, pa nisu tema ovog rada.

1. ANALITIČKI MODEL ZA PROCENU EFIKASNOSTI ARTILJERIJE ZA PODRŠKU

Kao kriterijumi ocene borbene efikasnosti artiljerije za podršku može se primenjivati matematičko očekivanje broja uništenih ciljeva u toku borbenih dejstava:

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

gde je:

N_u – srednji broj uništenih ciljeva (ili oštećenih, koji za izvesno vreme ne mogu dejstvovati);

N – ukupan broj ciljeva u zoni dejstva artiljerije za podršku;

n – broj oruđa-topova u jedinici art. za podršku (kalibar i drugi tehnički parametri oruđa se ovde neće navoditi, jer nisu neophodni za prikaz metode procene);

n_u – broj uništenih topova (naši gubici);

p_m – verovatnoća pogađanja cilja, za tačno definisani tip oruđa;

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

L – lažni ciljevi (kada ih protivnik formira i koristi; razvijene su posebne tehnike koje omogućavaju brzo formiranje lažnih ciljeva).

Veličinu p_m moguće je odrediti na osnovu formule:

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

gde je:

p_1 – verovatnoća pogađanja cilja sa jednim projektilom (dobija se najčešće statističkim putem sa bojevih gađanja i taktičkih vežbi artiljerije za podršku)¹⁸⁰;

m – broj ispaljenih projektila.

Pokušajmo da analiziramo svaki pojedinačni top (oruđe)¹⁸¹ kao jednokanalni sistem masovnog opsluživanja sa otkazom, pa je verovatnoća uništenja P_u ¹⁸²:

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

gde je:

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

α – parametar koji se proračunava na osnovu izraza:

$$\alpha = t_g \cdot t_{op} \quad (4)$$

gde je:

t_g – vreme gađanja cilja (dužina trajanja vatre), i

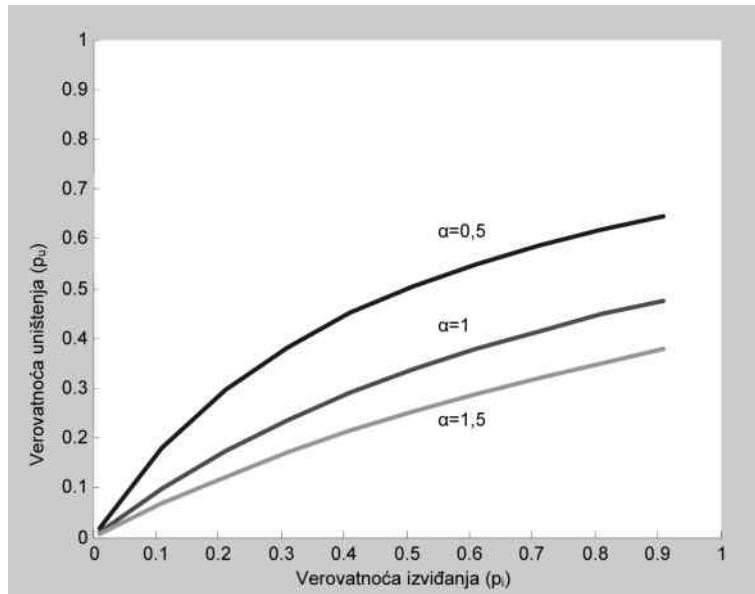
t_{op} – srednje vreme opsluživanja, vreme koje nam je potrebno da se top (oruđe) napuni, zauzmu svi parametri gađanja i ispaljenje projektila.

¹⁸⁰ Primera radi: ako je $p_1 = 0,1$ sa $m = 2$ $p_m = 0,2$ sa $m = 6$ $p_m = 0,46$, a sa $m = 10$ $p_m = 0,65$. Međutim, ako je $p_1 < 0,1$ npr. $p_1 = 0,03$ onda je potrebno da je $m = 25$ da bi bilo $p_m = 0,53$. Proračunima ove verovatnoće za različita oruđa i koji sve parametri utiču na nju, bavi se teorija o artiljerijskom gađanju (balistika). Savremena artiljerija velikog dometa razvija i vođene i samovođene projektile sa velikom verovatnoćom pogadanja.

¹⁸¹ Oruđe može biti i raketni lanser Z-Z, višecevni bacač raketa, haubica ili minobacač.

¹⁸² Prepostavimo da se «pojavljivanje» ciljeva može posmatrati kao Puasonov tok.

Na sl. 1. date su krive zavisnosti verovatnoće dejstava po ciljevima, odn. verovatnoće uništenja zavisno od verovatnoće otkrivanja cilja. Prema tome, sve mere koje smanjuju verovatnoću otkrivanja i praćenja ciljeva vizuelno, optoelektronskim i radarskim sredstvima smanjuju verovatnoću uništenja, ali na to značajno utiče još jedan parametar koji je sa verovatnoćom izviđanja u direktnoj međuzavisnosti.



Slika 1. Zavisnost verovatnoće uništenja cilja p_u od parametara p_i i α

To je parametar α koji predstavlja proizvod vremena gađanja cilja po kojem dejstvujemo i srednjeg vremena opsluživanja i u zavisnosti od verovatnoće izviđanja predstavljen je, takođe, krivama zavisnosti na slici 1.

Ovaj parametar je od ključnog značaja. Proračuni pokazuju da je najveća verovatnoća uništenja cilja (p_u), kada je trajanje artiljerijske vatre kraće a brzina ispaljivanja projektila što veća, tj. tada je $\alpha < 1$ (npr. $t_g = 5^\circ$, a $t_{op} = 0,1^\circ$, pa je $\alpha = 0,5$). Kada je $\alpha > 1$, znači da je trajanje artiljerijske vatre duže ili je ispaljivanje projektila sporije (na ovaj elemenat značajno utiče obučenost posluge), pa verovatnoća uništenja opada. U tom slučaju mora se očekivati i protivdejstvo protivnika. Obzirom da nas otkriva vatreno dejstvo, treba težiti da brzim i čestim manevrom (premeštanjem vatrenog položaja) izbegnemo protivdejstvo protivničke artiljerije, što zahteva visoku obučenost u praćenju i preciznom gađanju ciljeva.

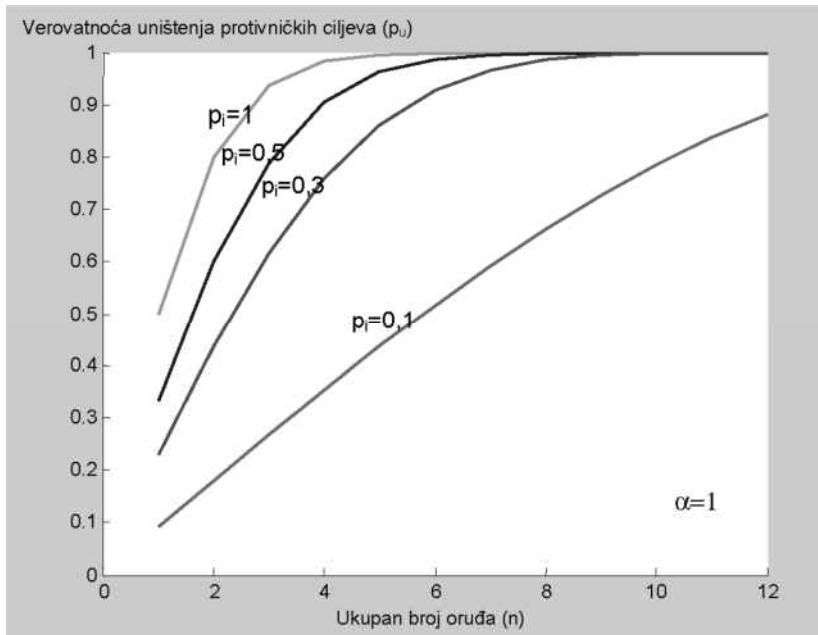
Analiza mogućnosti jednog oruđa (topa) nije dalje potrebna, jer artiljerija za podršku dejstvuje sa grupom oruđa, po mogućnosti što većom. U tom slučaju matematički model za verovatnoću uništenja (gadanja)¹⁸³ je:

$$p_u = 1 - \frac{\sum_{m=0}^n \frac{\alpha^m}{m! p_i^m}}{\sum_{m=0}^n \frac{\alpha^n}{m! p_i^n}} \quad (5)$$

gde je:

n – ukupan broj oruđa,

m – broj trenutno aktivnih oruđa.



Slika 2. Zavisnost verovatnoće uništenja protivničkih ciljeva p_u od ukupnog broja oruđa n

Na slici 2 očigledna je velika međuzavisnost verovatnoće uništenja ciljeva po kojima će se dejstvovati od verovatnoće otkrivanja ciljeva, parametra α (napred objašnjen) i broja oruđa (n) koji dejstvuju po cilju. Masovnom

¹⁸³ Prema stepenu efikasnosti artiljerijske vatre na cilju, one se mogu gradirati kao neutralisanje, kada se nanose gubici od 25% do 30% i uništenje, kada su ti gubici 50-60%.

artiljerijskom vatrom u određenom vremenu i precizno po ciljevima, sa adekvatno izabranom municijom postižu se optimalni rezultati.

2. TESTIRANJE MODELA I ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

Testiranje i analizu obavićemo na jednom proizvoljnom primeru.

Početni podaci od kojih polazimo su:

- Broj oruđa $n = 12$, a mogu uspešno dejstvovati na daljinama do 10 km.
- Prepostavimo da srednje vreme opsluživanja može biti: $t_{op} = 6; 12; 20$ i 30 sekundi ili $t_{op} = 0,1; 0,2; 0,3$ i $0,5$ minuta.
- Da bi se ispalio potreban broj projektila za neutralisanje jednog cilja, a u zavisnosti od vremena opsluživanja vreme gađanja cilja biće: $t_g = 3, 6, 10$ i 15 minuta (za ova vremena može se ispaliti oko 360 projektila sa 12 oruđa).
- Prepostavimo da se verovatnoća izviđanja kreće u razmerama $p_i = 0,2 \div 1$ (empirijski podatak).
- Prema formuli (4), operator α za navedene vrednosti iznosi: $\alpha = 0,3; \alpha = 1,2; \alpha = 3$ i $\alpha = 7,5$.

Na osnovu formule (5) i priloga br. 13, verovatnoća uništenja (p_u) ima sledeće vrednosti:

- za $n = 12$	$\alpha = 0,3 \div 1,2$	$p_i = 0,2 \div 1$	$p_u \approx 1;$
- za $n = 12$	$\alpha = 3$	$p_i = 0,2$	$p_u = 0,69;$
- za $n = 12$	$\alpha = 7,5$	$p_i = 0,2$	$p_u = 0,31;$
- za $n = 12$	$\alpha = 3$	$p_i = 0,5$	$p_u \approx 0,98;$
- za $n = 12$	$\alpha = 7,5$	$p_i = 0,5$	$p_u = 0,69.$

Navedeni podaci pokazuju međuzavisnost srednjeg vremena opsluživanja (gde značajno mesto zauzima i obučenost posluge), potrebnog vremena da bi se ispalio dovoljan broj projektila koji je neophodan za neutralisanje cilja, verovatnoće otkrivanja cilja i verovatnoće uništenja, odnosno verovatnoće da će se po cilju dejstvovati.

Što je duže vreme potrebno za neutralisanje jednog cilja i što je manja verovatnoća otkrivanja cilja to je i verovatnoća uništenja (dejstva po cilju) sve manja i obratno.

Međutim, ako je srednje vreme opsluživanja (t_{op}) manje od 6 s, npr. 3 s, odnosno $t_{op} = 0,05$ min, onda je za $t_g = 3$ min. moguće ispaliti 360 projektila sa 6 oruđa ($n = 6$). Sada je $\alpha = 0,15$ i ako je $p_i = 0,2$ i više, verovatnoća uništenja biće $p_u = 1$.

Da bi analizirali matematičko očekivanje broja uništenih ciljeva, treba poći od analize protivnika.

Pretpostavimo da u datoj zoni našeg dejstva protivnik ima sledeće elemente borbenog rasporeda, a koji su prevashodno ciljevi artiljerije za podršku. Vidi tabelu, koja je izvod iz Priloga br. 15.

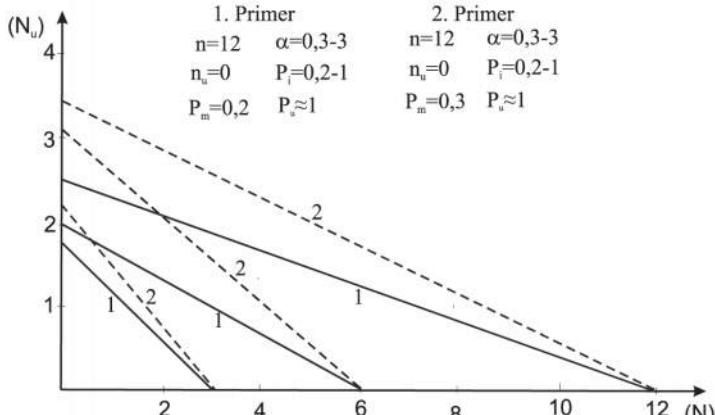
Red. broj	Artiljerijski ciljevi	Broj ciljeva	Udaljenje cilja od p/k (km)	Površina cilja (ha)	Potreban broj projektila po cilju
1	IKM divizije i KM br	3	8–12	4–6	350–450
2	PKM br i KM bat	7–9	3–6	1,5–2	200–300
3	VON i KM art. diviziona	4–6	4–8	1,5–2	200–300
4	Radari za upravljanje art. vatom	2–4	4–6	tačkast cilj	200–250
5	KM jed. za EI i PED	5–6	2–4	1,5–2	200–250
	SVEGA	21–28			

Analizom podataka u tabeli, može se konstatovati da ciljevi pod 3 i 4 obezbeđuju vatru po našim snagama, artiljerijsku i avijacijsku što ukazuje na značaj tih ciljeva. Broj ciljeva, načelno razmeštanje od prednjeg kraja, njihovo površina i broj projektila koji je neophodan za njihovo neutralisanje su poznati, jer se dobijaju na osnovu obrade statičkih podataka ratnih dejstava ili vežbovnih aktivnosti. Bez obzira što nam je načelno poznata struktura borbenog rasporeda protivnika u napadu i odbrani, otkrivanje ovih ciljeva je složena aktivnost.¹⁸⁴

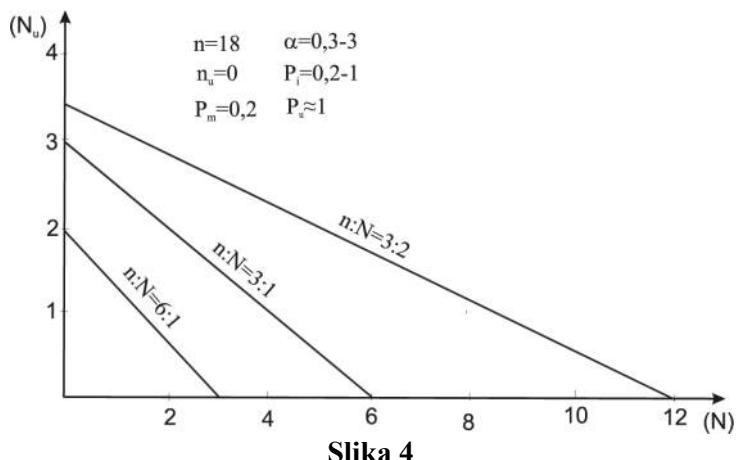
Posebno je značajno stalno praćenje realizacije vatre (pogađanje projektila i potrebna korektura vatre), koja se ostvaruje na različite načine,¹⁸⁵ osmatračnicama na pogodnim mestima ili bespilotnim letelicama, i dr.

¹⁸⁴ U našem primeru, front napada odnosno odbrane kreće se u granicama od 10 do 20 km, a daljinu dejstva smo definisali na 10 km. To znači da oko 28 ciljeva ukupne površine oko 12 ha, treba locirati na površini od 100 do 200 km², na različitom zemljишtu. Površina ciljeva iznosi 0,06 – 0,12 % ukupne površine.

¹⁸⁵ Ubacivanjem artiljerijsko izviđačkih grupa u pozadinu protivnika, koje obavljaju vizuelno i optičko osmatranje, a zatim radarskim i zvukovnim izviđanjem, pa i radio-goniometrisanjem, prikupljaju se podaci o protivničkoj artiljeriji i drugim ciljevima, što omogućava bolje rezultate u ostvarivanju artiljerijskih vatri. Sem toga razvijaju se artiljerijske meteorološke stanice, te upotreba savremenih sredstava za noćno izviđanje, korišćenje laserskih daljinomera, GPS-a i sve se to povezuje radio-sredstvima u računarsku mrežu. Na taj način artiljerijski organi mogu da upravljaju i rukovode vatrom za sve vreme borbenih dejstava (vidi iskustva o upotrebi artiljerije, lit. 1. III dela knjige).



Na slici 3 zapaža se da dejstvo po manjem broju ciljeva daje bolje rezultate, jer kada dejstvujemo na 3 cilja ($N = 3$), broj uništeni ciljeva je skoro dva ($N_u = 1,77$), u slučaju dejstva na 12 ciljeva ($N = 12$), broj uništenih ciljeva je $N_u = 2,4$. Na istom primeru prikazan je uticaj verovatnoće pogadanja (p_m), u prvom primeru $p_m = 0,2$, a u drugom $p_m = 0,3$, a broj uništenih ciljeva (N_u) se značajno razlikuje. Na ovu verovatnoću (već je naglašeno) veliki uticaj ima obučenost posluge i organizacija praćenja rezultata artiljerijskih vatri i njihova pravovremena korektura.



Slika 4, takođe pokazuje već napred iznete argumente, ali i ukazuje na „odnos snaga“, broj oruđa prema broju ciljeva po kojima treba dejstvovati omogućava da se izabere što povoljniji odnos, a to je što manje snage, a što veći rezultati.

Proračuni na slikama 3. i 4, i drugi, koji se mogu realizovati putem formula (1) i (5), mogu doprineti racionalnijem izboru broja i vrsta ciljeva, dužini artiljerijske vatre, vremenu i načinu premeštanja na nove vatrene položaje, itd. Primeri proračuna dati su i u prilogu br. 26.

3. ZAKLJUČAK

Svi primeri izloženi u ovom delu knjige su hipotetički i ne odnose se ni na jedan konkretan top (ili neko drugo oruđe) i određenu jedinicu. Primeri samo treba da pokažu upotrebnu vrednost *metode efikasnije procene borbene situacije* i koji se sve podaci mogu dobiti, a koji treba da posluže da procena borbene situacije bude što kvalitetnija, sveobuhvatnija i pouzdanija, kako bi doneta odluka o upotrebi artiljerije za podršku bila što optimalnija. To se pre svega odnosi na grupisanje snaga i izbor ciljeva po kojima će se dejstvovati. Ovde je nužno istaći liminitajuće elemente, a to su veličina borbenog kompleta po vrstama oruđa i za određene jedinice i odobrenu količinu municije za izvršenje određenog zadatka (napada, odbrane i dr.). Na taj način dobiće se vatrene mogućnosti, prema odabranoj i odobrenoj količini municije, izražene u broju (matematičkom očekivanju) ciljeva koji će biti uništeni ili preciznije koji se mogu neutralisati. Već je izneto da verovatnoća uništenja u stvari pokazuje da će se dejstvovati po cilju (koji prethodno treba da bude otkriven) a koliki će efekti biti na ciljevima zavise od borbene situacije (da li se radi o napadu ili odbrani). Statistički podaci za određenu jedinicu koji nam pokazuju koliko je potrebno projektila (kalibar i vrsta) da se definisani cilj (poznate površine i daljine od prednjeg kraja linije fronta) uništi ili neutrališe za izvesno vreme, treba da daju odgovor na ovo pitanje. Kao polazni podaci za procenu mogu se koristiti i *tablične norme utroška definisanih projektila za različite vrste ciljeva*. Osnovni činioци koji utiču na gubitke, koji se mogu naneti nekom cilju, a time i na utrošak municije, su: stepen efikasnosti koji se gađanjem želi postići; tačnost određivanja elemenata za grupno gađanje; dimenzije cilja; daljina i način gađanja; kalibar oruđa i realna efikasnost projektila, i broj oruđa (baterija, divizion) koji učestvuju u izvršavanju zadatka. Može se konstatovati da date norme realno obezbeđuju predviđeni efekat neutralisanja–uništenja na određenom karakterističnom cilju.

U radu je izvršeno testiranje opisanog modela za različite ulazne parametre i ocena dobijenih rezultata. Analizirani su uticaji broja oruđa (n), broja ciljeva (N), verovatnoće pogađanja (p_m), verovatnoće izvidanja (p_i), parametra α i verovatnoće uništenja (p_u), a može se analizirati i uticaj uništenih vlastitih oruđa (n_u), lažnih ciljeva (L), pouzdanost oruđa (p_t) i drugi parametri od uticaja na matematičko očekivanje broja uništenih (neutralisanih) ciljeva (N_u), a posebno efikasnost veze (telekomunikacija), jer se artiljerijske jedinice prevašodno oslanjaju na bežične veze. Zato formulu 1 treba uvek dopunjavati ovom verovatnoćom (pogledati prvi deo knjige). Dobijeni rezultati su logični i realni,

ali pravu ocenu validnosti dobijaju tek kad se uporede sa empirijskim podacima (ako takvi postoje iz ratova, ili sa taktičkih vežbi i bojevih gađanja artiljerije za podršku) i kada su ti rezultati bliski (sa dozvoljenom tolerancijom). Opisanu metodu mogu koristiti i raketne jedinice zemlja-zemlja.

NAPOMENA:

U domaćoj i dostupnoj literaturi postoji velik broj radova koji se bave teorijom i praksom artiljerije za podršku, ali nema radova koji proračunavaju matematičko očekivanje broja uništenih (onesposobljenih) ciljeva protivnika.

Ista napomena važi i za naredni, V deo knjige.

V deo

Procena efikasnosti pešadijskih jedinica u borbi

UVOD

Protivpešadijska borba na teško prohodnom zemljištu, u gradovima i drugim naseljenim mestima i u dejstvima u pozadini protivnika najčešće je osnovni sadržaj oružane borbe. Ovom borbom se najpotpunije obezbeđuje masovnost, dugotrajnost i kontinuitet oružane borbe. Ona obuhvata borbu protiv pešadije i druge žive sile protivnika.

Obučenost ljudstva, celishodnost organizacije sistema vatre, izviđanje – osmatranje, zaprečavanje i primena odgovarajućih taktičkih postupaka su osnovni uslov za uspeh protivpešadijske borbe. Sve jedinica, bez obzira na njihovu organizaciju, sastav i namenu, moraju biti obučene i za vođenje protivpešadijske borbe.

U ovom delu knjige analiziraćemo koliko se *metoda efikasnije procene borbene situacije* može primeniti i na pešadijske jedinice, odnosno na protivpešadijsku borbu, tj. ocenu njihove efikasnosti. Pod efikasnošću pešadijskih jedinica podrazumevaćemo srednji broj (matematičko očekivanje) uništene žive sile protivnika.

1 ANALITIČKI MODEL ZA PROCENU EFIKASNOSTI PEŠADIJSKIH JEDINICA

Srednji broj (matematičko očekivanje) uništene žive sile protivnika možemo računati prema sledećem matematičkom modelu:

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

gde je:

N_u – srednji broj uništenih protivnika¹⁸⁶;

N – ukupan broj protivnika;

n_u – broj gubitaka vlastitih snaga;

n – ukupan broj vlastitih snaga;

p_m – verovatnoća pogadanja, tj. koliko su pojedinci i jedinice obučene u gađanju i organizaciji sistema vatre (prostorno i vremensko

¹⁸⁶ Ovaj broj podrazumeva ubijene i ranjene vojnike, tj. one, koji su za izvesno vreme izbačeni iz stroja i ne mogu dalje učestvovati u borbi. Statistički podaci iz savremenih borbenih dejstava pokazuju da je odnos ubijenih i ranjenih 1:9. Ovakav odnos se objašnjava kvalitetom zaštitne opreme (šлем, zaštitni prsluk i druga zaštitna sredstva od visoko otpornih materijala) kao i napretkom vojne medicine.

pokrivanje). Ova verovatnoća može se izračunati na osnovu statističkih podataka sa bojevih gađanja pojedinaca i jedinica, i

p_u – verovatnoća uništenja protivnika, koja se računa prema sledećoj formuli (pretpostavimo da se događaji-pojavljivanje ciljeva ostvaruju po Puasonovom zakonu):

$$p_u = 1 - \frac{\frac{\alpha^n}{n!} \cdot \frac{1}{p_{ot}^n}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} \cdot \frac{1}{p_{ot}^k}} \quad (2)$$

gde je:

p_{ot} – verovatnoća otkrivanja protivnika, dobija se na osnovu statističkih podataka;

$$\alpha = \frac{N}{t_g}, \text{ gde je } t_g \text{ trajanje vlastite vatre, i}$$

k – broj aktivnih vlastitih snaga.

Adekvatno proračunu srednjeg broja uništene žive sile protivnika, možemo izračunati srednji broj vlastitih gubitaka:

$$n_u = n \cdot \left[1 - \left(1 - e^{-\frac{N_u}{N}} \cdot p_{mp} \cdot p_{un} \right)^{\frac{N}{n}} \right] \quad (3)$$

gde je:

p_{mp} – verovatnoća sa kojom protivnik pogađa naše snage, i

p_{un} – verovatnoća uništenja naših snaga, računa se prema formuli (događaji se takođe odvijaju po Puasonovom zakonu):

$$p_{un} = 1 - \frac{\frac{\rho^N}{N!} \cdot \frac{1}{p_{otn}^N}}{\sum_{k=0}^N \frac{\rho^k}{k!} \cdot \frac{1}{p_{otn}^k}} \quad (4)$$

gde je:

p_{otn} – verovatnoća otkrivanja naših snaga, dobija se statističkim putem;

$$\rho = \frac{n}{t_{gn}}, \text{ gde je } t_{gn} \text{ trajanje protivničke vatre, i}$$

k – broj aktivnih snaga protivnika.

Napomenimo da su verovatnoće uništenja (formule (2) i (4)) u stvari verovatnoće da će se po cilju dejstvovati, tj. da je cilj otkriven i da će biti gađan.

Ukupna efikasnost vlastitih jedinica može se aproksimirati sledećim matematičkim relacijama, ako je efikasnost jedinice $E = N_u (\%)$:

$$E_{\check{c}} = 1 - (1 - E_{v1}) \cdot (1 - E_{v2}) \cdot (1 - E_{v3}) \cdot (1 - E_{vp}) \quad (5)$$

gde je:

$E_{\check{c}}$ – efikasnost čete;

E_{v1} – efikasnost prvog voda, itd. od 1 do 3, i

E_{vp} – efikasnost vatrene podrške, kada je četa formira, ili je podržava druga jedinica.

Efikasnost bataljona (E_b), adekvatno je izračunavanju efikasnosti čete ($E_{\check{c}}$), je:

$$E_b = 1 - (1 - E_{\check{c}1}) \cdot (1 - E_{\check{c}2}) \cdot (1 - E_{\check{c}3}) \cdot (1 - E_{vp}) \cdot (1 - E_{pob}) \cdot (1 - E_{pvo}) \quad (6)$$

sve oznake su poznate sem:

E_{pob} – efikasnost jedinice za POB, kada bataljon raspolaže takvom jedinicom, i

E_{pvo} – efikasnost jedinice za PVO, kada bataljon s njom raspolaže.

Matematički modeli (1) i (3) mogu se, po potrebi, dopunjavati sledećim verovatnoćama:

p_{bv} – verovatnoća borbene vatre, tj. kolika se brzina (broj metaka-projektila u zadatom vremenu) može realno ostvariti u odnosu na maksimalne mogućnosti oružja, kojim raspolažemo. Može se dobiti statističkim putem sa bojevih gađanja i taktičkih vežbi;

p_{ap} – verovatnoća učinka artiljerijske podrške, kada ona postoji, i

p_{vp} – verovatnoća učinka vazduhoplovne podrške, ako postoji.

2 TESTIRANJE MODELA I ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

Da bi izvršili testiranje i analizu opisane metode, neophodno je postaviti taktičku supoziciju, tj. odrediti veličine jedinica i taktičku borbenu radnju.

Prepostavimo da se borbena dejstva odvijaju na teško prohodnom zemljištu, delimično pošumljenom i noću. Obe strane naoružane su automatskom puškom, koja može da ispali 10 metaka u sekundi, a raspolažu i osnovnim sredstvima za noćno osmatranje. Borba se izvodi na daljinama do 200 m, gde je pešadijsko oružje najefikasnije.

Vremenski interval u kome ćemo posmatrati i analizirati borbena dejstva kretće se do 30 minuta. To je vreme u kome se može u kratkim skokovima savladati 200 metara prostora, a zavisno od nanetih gubitaka protivniku, napad će biti uspešan ili odbijen.

Na priloženim tabelama analiziraćemo neke osnovne parametre, koji pokazuju mogućnosti *metode efikasnije procene borbene situacije*, njenog „reagovanje“ na sve ulazne parametre i realnost dobijenih rezultata.

Prvi primer analize odnosi se na pešadijski vod u odbrani (v. tabelu 1). Postavljen je odnos snaga 1:2,5 do 1:5 za napadača, širina fronta 600 m.¹⁸⁷ Na ovom primeru procenjujemo moguće gubitke protivnika prema formuli (1). Prvi parametar, koji je vrlo značajan, je verovatnoća otkrivanja protivnika (p_{ot}) za koju smo prepostavili da će se kretati u granicama od 0,2 do 0,5, jer je protivnik u napadu. Ostali parametri su dužina trajanja naše vatre (t_g), koji se kreće u granicama od 4 do 10 sekundi (kratki rafali će biti najprecizniji), i verovatnoća pogadanja protivnika (p_m) koja se u našem primeru kreće od 0,5 do 0,8. Pošto nam je poznata verovatnoća otkrivanja (p_{ot}), trajanje vatre (t_g) i brojno stanje protivnika (N) i vlastitih snaga (n), možemo izračunati parametar α , a zatim i verovatnoću uništenja protivnika (p_u) prema formuli (2), koja se kreće u granicama od 0,3 do 0,85. Sada raspolažemo svim ulaznim podacima za izračunavanje srednjih brojeva gubitaka protivnika. Rezultati u tabeli pokazuju kada će protivnik imati najveće gubitke, a to je onda, kada su verovatnoće uništenja i pogadanja protivnika velike (tabela 1, red 6: $p_u = 0,85$, $p_m = 0,8$ i $N_u = 22$). Poslednji primjeri u tabeli pokazuju uticaj vlastitih gubitaka na smanjenje gubitaka protivnika. Vlastite gubitke smo proračunali prema formulama (3) i (4) (v. tabelu 2). Postavlja se pitanje kako u odbrani smanjiti vlastite gubitke. Naravno, prvi način je naneti napadaču što veće gubitke, a drugi je postići što veću «nevidljivost». Ako analiziramo u tabeli 2 prvi red, vidimo da bi u navedenim uslovima pretrpeli velike gubitke ($n_u = 13$). Međutim, ako smanjimo

¹⁸⁷ U našem primeru jedan vojnik brani front širine 25m, a napada 10m. Razvojem naoružanja i vojne opreme širina fronta odbrane, odnosno napada, stalno se, i višestruko, povećava. Međutim, ambijent u kome se izvode borbena dejstva i zadatak jedinice će diktirati norme fronta odbrane i napada..

verovatnoću otkrivanja, pa je $p_{otn} = 0,05$, verovatnoća uništenja će biti $p_{un} = 0,5$, a $n_u = 8$, a za $p_{otn} = 0,01$, $p_{un} = 0,09$ i $n_u = 2$. Značaj maskiranja, kao dela inžinjerijskog obezbeđenja, je očigledan.¹⁸⁸

Kolone maksimalna vatra vlastitih, odnosno protivničkih snaga pokazuju teorijsku količinu metaka koja se može ispaliti (npr. prvi red tabele za 4 sekunde puta 10 metaka, puta 24 vojnika voda je 960 metaka). Ovi podaci mogu da posluže za izračunavanje količine metaka ispaljene po jednom vojniku u zadatom vremenu, ili količine metaka potrebne za neutralisanje jednog vojnika (protivničkog ili vlastitog).¹⁸⁹

Ako je verovatnoća iskorišćenja borbene vatre $p_{bv} = 0,3$ tj. 30% u odnosu na maksimalne teorijske mogućnosti oružja, onda bi za isti primer prvog reda tabele 1 gubici umesto $N_u = 4$ bili $N_u = 1$.

U drugom primeru (Tabele 3 i 4) data je analiza na identičan način prethodnoj, ali sada je pešadijski vod u napadu, širina fronta 200 m. Analiziran je odnos snaga 2:1 za napadača. Ovaj odnos je bio od izuzetnog značaja u borbama, bojevima, operacijama i ratovima u celini, ali nije bio uvek od sudbonosnog značaja. Napomenimo da se ove analize odnose na borbe na teško prohodnom zemljištu, gde je teško ili skoro nemoguće koristiti oklopno-mehanizovana sredstva, i koja se izvode kao konvencionalna borbena dejstva, ali bez klasičnog fronta (polaznog položaja ili linije razvoja, nastupanja do jurišnog položaja, sa ili bez juriša). To znači da se ovi parametri i analize mogu koristiti i u procenama tzv. nekonvencionalnih borbenih dejstava. U tabeli 3 je vidljivo da ćemo protivniku naneti najveće gubitke u napadu kada su verovatnoća otkrivanja, uništenja i pogadanja protivnika najveći (red 4: $p_{ot} = 0,2$, $p_u = 0,99$, $p_m = 0,3$ a $N_u = 6$). Tabela 4 prikazuje da naši gubici u napadu takođe zavise od veličine verovatnoće otkrivanja naših snaga (p_{otn}) i trajanja protivničke vatre (t_{gn}), jer je tada i verovatnoća uništenja naših snaga (p_{un}) najveća (tabela 4, red 2), ali i od gubitaka koje ćemo mi njemu naneti (N_u). Analize verovatnoće pogadanja i obučenosti vojnika (p_m i p_{mp}), i koje su zaista realne vrednosti ovih verovatnoća, daće još realnije i validnije rezultate procene.

¹⁸⁸ Da li je moguće u borbi, posebno noću, kada nas otkriva vlastita vatra, postići takvo maskiranje? U uvodnom delu naglasili smo da razmatramo protipešadijsku borbu u trajanju od 30 minuta. Ako je $p_{otm} = 0,1$, to znači da će naše snage biti «vidljive» u trajanju od tri minuta, odnosno svaki vojnik oko 7,5s. Ako smanjimo verovatnoću otkrivanja na $p_{otm} = 0,05$, ta vidljivost svakog vojnika je 3,75s, a pri $p_{otm} = 0,01$, ona iznosi 18 s za 24 vojnika, što znači manje od sekunde po vojniku.

¹⁸⁹ Ova analiza u savremenim ratovima pokazuje da je potrebno sve više metaka-projektila za neutralisanje jednog protivničkog vojnika, iako to na prvi pogled izgleda apsurdno. Argumenti iznetoj tezi su kvalitetna organizacija i nivo sanitetskog obezbeđenja i pancir oprema vojnika. U iznetom primeru (tabela 1, red 1) ispaljeno je 960 metaka (projektila) na 60 vojnika, odnosno 16 metaka na jednog vojnika, a neutralisano je 4 vojnika, odnosno za neutralisanje jednog protivničkog vojnika bilo je potrebno 240 metaka.

U tabelama 2 i 3 zapaže se da smo procenili da se verovatnoće otkrivanja naših, odnosno protivničkih snaga, kreću u granicam od 0,1 do 0,2, jer se radi o otkrivanju snaga u odbrani, koje su zaklonjene ili ukopane i dobro maskirane, pa je i verovatnoća pogađanja takvih snaga znatno manja (procenjene vrednosti su od 0,2 do 0,3).

Celokupna analiza pokazuje značaj verovatnoće otkrivanja protivnika, posebno u uslovima slabe vidljivosti, značaj sredstava za noćno osmatranje bojnog polja (pojačavača svetlosti, termovizije, televizije niskog nivoa osvetljenosti i radara za otkrivanje žive sile). Verovatnoća pogađanja i organizacija sistema vatre, takođe, je presudna, gde trajanje vlastite vatre mora biti usaglašeno sa veličinom borbenog kompleta oružja. Visoku obučenost i uvežbanost u svemu napred iznetom nije potrebno posebno isticati.

U svim tabelama prikazan je uticaj vlastitih gubitaka na gubitke protivnika i obratno, koji je izuzetno značajan.

Na kraju je moguće, prema formulama (5) i (6), procenjivati efikasnost pojedinih jedinica. Naš hipotetički vod postigao je u odbrani efikasnost od 37% ($N = 60$, $N_u = 22$), a u napadu 50% ($N = 12$, $N_u = 6$). Zatim bi usledila procena minimalnih i maksimalnih vlastitih gubitaka i dr. moguće analize.

Efikasnost POB i PVO ceniće se kada u jedinicama postoje sredstva za ova dejstva, i ako se one izvode u nekim delovima borbene zone datih jedinica.

3 ZAKLJUČAK

Procena gubitaka žive sile je verovatno najsloženija. Ti gubici u borbenim dejstvima kretali su se u rasponu od 1 do 70 i više procenata¹⁹⁰. Evo nekoliko primera. U borbi za Beograd 1944. godine, NOVJ je izgubila oko 5% ljudstva, a sa ranjenicima oko 12%, Crvena armija oko 2%, dok su nemačke snage pretrpele gubitke u ljudstvu oko 50%. U Vijetnamskom ratu američke snage su imale gubitke oko 10%, a sa brojem ranjenih, oko 50%, dok su gubici borbenih snaga Vijetnama bili između 30 i 60%, a najveće gubitke su pretrpeli civili. U Četvrtom arapsko-izraelskom ratu 1973. godine, izraelske snage su u prvim danima borbe za Suecki kanal imale gubitke do 50% ljudstva, zbog iznenadenja i velike razlike u odnosu snaga. U Drugom zalivskom ratu u Iraku, američke koalicione snage su imale oko 2% ljudskih gubitaka, dok se taj broj sa ranjenicima kretao do 13%. Za borbene snage Iraka, taj broj je skoro nemoguće ustanoviti, zbog velikog broja civilnih žrtava. Sem toga, u ovom, tzv. „asimetričnom“ ratu, najveće gubitke američke snage su pretrpele od

¹⁹⁰ Ove procene treba uzeti sa rezervom, jer su podaci o broju učesnika i gubicima u određenim borbama i ratovima nepotpuni i razlikuju se u literaturi.

„automobila-bombi“ ili „ljudskih bombi“, a ne u oružanoj borbi. Navedeni podaci samo delimično ukazuju na složenost ove problematike.

Međutim, primenom *metode efikasnije procene borbene situacije*, može se egzaktno pokazati kako na procenat gubitaka u živoj sili protivnika ili vlastitih snaga utiču odnos snaga, verovatnoća otkrivanja i praćenja ciljeva (žive sile), verovatnoće pogađanja i organizacija sistema vatre, verovatnoća uništavanja žive sile i drugi mogući relevantni faktori.

Koliko su «ulazni» parametri objektivni i realni, toliko će i «izlazni» rezultati biti validniji. Promenom ulaznih varijabli i analizom dobijenih rezultata traži se što povoljnija varijanta dejstva za odluku, tj. treba dati odgovor u kojim uslovima će biti najefikasnija odbrana, odnosno napad.

Na ovaj način možemo aproksimativno izračunati (proceniti) efikasnost jedinica različitog ranga, kada pod efikasnošću podrazumevamo procenat gubitaka koji smo naneli protivniku u živoj sili i borbenim sredstvima.

Analiza se odnosi na hipotetičku situaciju, ali nije sve jedno analizirati jedinicu naoružanu «klasičnom» automatskom puškom ili najsavremenijom automatskom puškom, velike brzine ispaljivanja metaka, sa laserskim nišanom i optikom opremljenom pojačivačem svetlosti ili IC područja i drugim elementima koje savremena tehnologija omogućava.

Sa iznetim primerima nije završena analiza efikasnosti protivpešadijske borbe. Ako se u pešadijskim odeljenjima nalaze puškomitraljezi i snajperi, oni mogu povećati daljinu dejstva i verovatnoću pogađanja cilja. U tzv. «bliskoj» borbi do 50 metara, došla bi do izražaja upotreba ručnih bombi (ofanzivnih i defanzivnih) kao i različitih granata, koje izbacuju potcevni bacači granata. Ovi elementi se, takođe, mogu pojedinačno analizirati, odnosno proračunavati, a zatim objediniti sa ostalim delovima procene.

Međutim, nijedna procena nije u potpunosti sveobuhvatna. Metoda koju obrađuje ova knjiga pomaže da se izaberu relevantni pokazatelji efikasnosti borbene grupe ili jedinice koju procenjujemo.

Tabela 1-2

TABELA 1.
PEŠADIJSKI VOD U ODBRANI
(proračun protivničkih gubitaka)

VLASTI-TE SNAGE (n)	PROTV-NIČKE SNAGE (N)	DALJINA DEJ-STVA (m)	VEROVAT-NOĆA OTKRIVA-NJA PROTIV-NIKA ($P_{o,i}$)	TRAJANJE VLASITTE VATRE ($t_g (s)$)	PARA-METAR $\alpha = N/t_g$	VEROVAT-NOĆA UNIŠTENJA PROTIV-NIKA (P_u)	VERO-VATNOĆA POGAĐA-NJA (P_m)	VLASTITI GUBICI (n _u)	MAKS-MALNA VATRA VLASTI-TA	GUBICI PROTV-NIKA (N _u)	ODNOS SNAGA (n/N)
24	60	200	0,2	4	15	0,3	0,5	0	960	4	1:2,5
24	60	200	0,2	4	15	0,3	0,6	0	960	≈5	1:2,5
24	60	200	0,2	5	12	0,4	0,6	0	1200	6	1:2,5
24	60	200	0,2	10	6	0,73	0,6	0	2400	12	1:2,5
24	60	200	0,5	4	15	0,73	0,8	0	960	18	1:2,5
24	60	200	0,5	5	12	0,85	0,8	0	1200	22	1:2,5
18	60	200	0,5	5	12	0,7	0,8	6	900	8	1:3,3
12	60	200	0,5	10	6	0,8	0,8	12	1200	3	1:5

TABELA 2.
PEŠADIJSKI VOD U ODBRANI
(pri računu vlastitih gubitaka)

VLASTI-TE SNAGE (n)	PROTV-NIČKE SNAGE (N)	DALJINA DEJ-STVA (m)	VEROVAT-NOĆA OTKRIVANJA VLASITIH SNAGA (P_{on})	TRAJANJE PROTIV-NIČKE VATRE (t_{gn})	PARA-METAR $\rho = n/t_{gn}$	VEROVAT-NOĆA UNIŠTENJA VLASITIH SNAGA (P_{un})	VERO-VATNOĆA POGAĐANJA (P_{mp})	VLASTITI GUBICI (n _u)	MAKS-MALNA VATRA PROTV-NIKA	GUBICI PROTV-NIKA (N _u)	ODNOS SNAGA (n/N)
24	60	200	0,1	4	6	0,90	0,3	13	2400	0	1:2,5
24	60	200	0,1	4	6	0,90	0,2	9	2400	0	1:2,5
24	55	200	0,1	4	6	0,85	0,2	≈8	2200	5	1:2,3
24	50	200	0,1	4	6	0,8	0,2	6	2000	10	1:2,1
24	50	200	0,1	8	3	1	0,2	7	4000	10	1:2,1

Tabela 3-4

TABELA 3.
PEŠADIJSKI VOD U NAPADU
(proračun protivničkih gubitaka)

VLASTI-TE SNAGE (n)	PROTIV-NIČKE SNAGE (N)	DAIJINA DEJ-STVA (m)	VEROVAT-NOČA OTKRIVA-NJA PROTIV-NIKA ($P_{o\alpha}$)	TRAJANJE VLASTITTE VATRE (t_g (s))	PARA-METAR $\alpha = N/t_g$	VEROVAT-NOČA UNIŠTENJA PROTIV-NIKA (P_u)	VERO-VATNOČA POGAĐA-NJA (P_m)	VLASTITI GUBICI (n _u)	MAKSIMALNA VATRA VLASTI-TA	GUBICI PROTIV-NIKA (N _u)	ODNOS SNAGA (n/N)
24	12	200	0,1	4	3	0,73	0,2	0	960	3	2:1
24	12	200	0,1	4	3	0,73	0,3	0	960	5	2:1
24	12	200	0,1	6	2	0,93	0,3	0	1440	≈ 6	2:1
24	12	200	0,2	4	3	0,99	0,3	0	960	6	2:1
18	12	200	0,1	4	3	0,56	0,2	6	720	1	1,5:1

TABELA 4.
PEŠADIJSKI VOD U NAPADU
(proračun vlastitih gubitaka)

VLASTI-TE SNAGE (n)	PROTIV-NIČKE SNAGE (N)	DAIJINA DEJ-STVA (m)	VEROVAT-NOČA OTKRIVANJA VLASTITIH SNAGA ($P_{on\alpha}$)	TRAJANJE PROTIV-NIČKE VATRE (t_{gn} (s))	PARA-METAR $\beta = n/t_{gn}$	VEROVAT-NOČA UNIŠTENJA VLASTITIH SNAGA (P_{un})	VERO-VATNOČA POGAĐANJA (P_{mp})	VLASTITI GUBICI (n _u)	MAKSIMALNA VATRA PROTIV-NIKA	GUBICI PROTIV-NIKA (N _u)	ODNOS SNAGA (n/N)
24	12	200	0,5	4	6	0,8	0,4	4	480	0	2:1
24	12	200	0,5	4	6	0,8	0,6	≈ 7	480	0	2:1
24	12	200	0,2	6	4	0,55	0,4	≈ 3	720	0	2:1
24	12	200	0,2	4	6	0,4	0,6	3	480	0	2:1
24	8	200	0,2	4	6	0,26	0,6	≈ 1	320	4	3,3:1

OPŠTI ZAKLJUČAK

Svi primeri procene u knjizi su hipotetički, ali sa željom da budu realni, koliko je to moguće. Da bi procena borbene situacije imala smisla, neophodno je prepostaviti snage u sukobu, koje treba prostorno i vremenski omediti. Precizno prostorno i vremensko određenje je od izuzetnog značaja, jer se svi faktori oružane borbe neprestano menjaju, pa se zato mogu procenjivati samo u definisanim uslovima. Naravno, protivničke snage se mogu varirati u različitim varijantama dejstava i odnosima snaga.

U svim obrađenim primerima nije posebno apostrofirana klimatska situacija. Zato možemo prepostaviti da su vremensko-klimatski uslovi povoljni. Poznato je da ekstremne temperature, snažni vetrovi, magla, kiša i sneg mogu imati značajan uticaj na izvođenje borbenih aktivnosti.

Metoda efikasnije procene borbene situacije uvažava sva četiri faktora oružane borbe: ljudski, materijalni, prostorni i vremenski, bez kojih nema validne procene, a koja je u našoj opisanoj metodi prezentirana kroz srednji broj očekivanih (matematičko očekivanje) rezultata dejstava (borbenih ili neborbenih) i verovatnoće sa kojom se dejstvuje, a koju računamo putem teorije (sistema) masovnog opsluživanja ili statističkom metodom.

Ove dve osnovne formule u univerzalnom obliku date su u prilogu 27, kao i računarski program za njihovo brzo izračunavanje.

Ni najbolja metoda procene neće dati željene rezultate, ako je protivnik za nas «crna kutija», o čijoj sadržini malo znamo. Zato je imperativ stalno pratiti i izučavati protivnika, uz preduslov da sebe maksimalno poznajemo.

Na kraju se može postaviti i pitanje da li se opisanom metodom mogu odrediti (izračunati) borbene mogućnosti vlastitih jedinica, ali bez definisanog protivnika.

Odgovor je pozitivan, međutim, te rezultate možemo tretirati samo kao nominalne i imaginarne. Razlozi su sledeći. Za izračunavanje ovih rezultata koristimo samo verovatnoću pogađanja za definisano oruđe ili oružje, potreban broj projektila za neutralisanje (uništenje) određenog cilja i veličinu borbenog kompleta, a pod prepostavkom da se ciljevi nalaze u zoni uspešnog dejstva datog borbenog srestva.

Za matematičko izračunavanje očekivanih rezultata neutralisanja (uništenja) ciljeva neophodno je još izračunati ili proceniti odnos snaga (vlastitih i protivnika), uticaj lažnih i drugih ciljeva i uticaj vlastitih gubitaka na ovaj odnos, verovatnoću otkrivanja i uništavanja ciljeva (za koje je potrebno još

podataka da bi se mogli izračunati), a koji su prostorne i vremenske kategorije, kao i nivo obučenosti ljudstva.

Na osnovu ovih krucijalnih podataka dobijaju se samo *verovatni* rezultati neutralisanja (uništenja) protivnika, ali i validnija ocena *borbenih mogućnosti* vlastitih jedinica.

SPISAK SKRAĆENICA

A	-	Armija
AK	-	Armijski korpus
ASB	-	Armijska služba bezbednosti
b/d	-	Borbena dejstva
b/g	-	Borbena gotovost
BER	-	Stepen greške bita (količina grešaka)
bit	-	Jedinica za merenje količine informacija
CCIR	-	Međunarodni konsultativni komitet za radio-veze
CEO	-	Centar za elektronsko ometanje
CSI	-	Centar za strategijska istraživanja
CUEO	-	Centar za upravljanje elektronskim ometanjem
CV	-	Centar veze
Čv	-	čvoriste veze (u DISK-u se nazivaju komutacioni centri – KC)
CVVŠ	-	Centar visokih vojnih škola
dB	-	Deseti deo bela (B). Bel je Brigsov logaritam odnosa dveju snaga
DISK	-	Digitalni integrisani sistem komunikacija
ECV	-	Ekspedicija centra veze
EI	-	Elektronsko izviđanje
EMINE	-	Elektromagnetni impuls nuklearne eksplozije
EMK	-	Elektromagnetna kompatibilnost
EMT	-	Elektromagnetni talas
EOb	-	Elektronsko obmanjivanje
EOm	-	Elektronsko ometanje
ETI	-	Elektronsko tehničko izviđanje
GPC	-	Glavni prislušni centar
GPS	-	Globalni sistem za navođenje
Hz	-	Jedinica za frekvenciju (učestalost) – Herc
IKM	-	Istureno komandno mesto
IPC	-	Istureni prislušni centar
J/S	-	Odnos šuma i signala
KEMZ	-	Kompromitujuće elektromagnetno zračenje
KM	-	Komandno mesto
KoV	-	Kopnena vojska
Krv	-	Kurirska veza
KŠRV	-	Komandno-štabna ratna vežba
MUF	-	Maksimalno upotrebljiva frekvencija
N	-	Nuklearna

NATO	–	Severnoatlantski pakt
NIR	–	Naučno-istraživački rad
OB	–	Oružana borba
ONOR	–	Opštenarodni odbrambeni rat
OS	–	Oružane snage
OVA	–	Opštevojna armija
p/k	–	Prednji kraj (linija dodira sa neprijateljem)
PA	–	Protivavionski
PAT	–	Protivavionski top
PdRC	–	Predajni radio-centar
PEB	–	Protivelektronska borba
PEBD	–	Protivelektronska borbena dejstva
PED	–	Protivelektronska dejstva
PEO	–	Protivelektronsko obezbeđenje
PEZ	–	Protivelektronska zaštita
PKM	–	Pozadinsko komandno mesto
PNH	–	Protivnuklearno i hemijsko (obezbeđenje)
PO	–	Protivoklopna (POB – protivoklopna borba)
PrRC	–	Prijemni radio-centar
PTT	–	Pošta, telefon i telegraf
PVO	–	Protivvazdušna odbrana (Protivvazduhoplovna odbrana), a koristi se i pojam PVD (protivvazduhoplovna dejstva)
RC	–	Radio-centar
RGMr	–	Radio-goniometarska mreža
RGSt	–	Radio-goniometarska stanica
RI	–	Radio-izviđanje
RiK	–	Rukovođenje i komandovanje
RKM	–	Rezervno komandno mesto
RM	–	Ratna mornarica
RMr	–	Radio-mreža
ROmSt	–	Radio-ometačka stanica
RPC	–	Radio-prislušni centar
RPr	–	Radio-pravac
RRC	–	Radio-relejni centar
RRMr	–	Radio-relejna mreža
RRv	–	Radio-relejna veza
RSt	–	Radio-stanica
RTI	–	Radio-tehničko izviđanje
RU	–	Radio-uredaj
RV	–	Ratno vazduhoplovstvo
Rv(R)	–	Radio-veza

S/N(S/Š)	-	Signal/šum
ŠCV	-	Školski centar veze
SMO	-	Sistem masovnog opsluživanja, ili TMO – teorija masovnog opsluživanja, a naziva se i teorija repova ili teorija redova čekanja
ŠNO	-	Škola narodne odbrane
StUEO	-	Stanica za upravljanje elektronskim ometanjem
TŠC	-	Tehnički školski centar
UV	-	Uprava veze
UVF	-	Ultra visoka frekvencija
VD	-	Vazdušni desant
VF	-	Visoka frekvencija
VK	-	Vrhovna komanda
VOJ	-	Vazdušno osmatranje i javljanje
VOJIN	-	Vazdušno osmatranje, javljanje i navođenje
VON	-	Vazduhoplovni oficir za navođenje
VTI	-	Vojno-tehnički institut
V-V	-	Vazduh-vazduh (veza)
VVF	-	Vrlo visoka frekvencija
V-Z	-	Vazduh-zemlja (veza)
ZND	-	Zajednica nezavisnih država
Z-V	-	Zemlja-vazduh (veza),
Žv	-	Žična veza
Z-Z	-	Zemlja-zemlja (veza) nekada se ova kratica koristi i za raketne sisteme zemlja-zemlja

PRILOZI

PREGLED

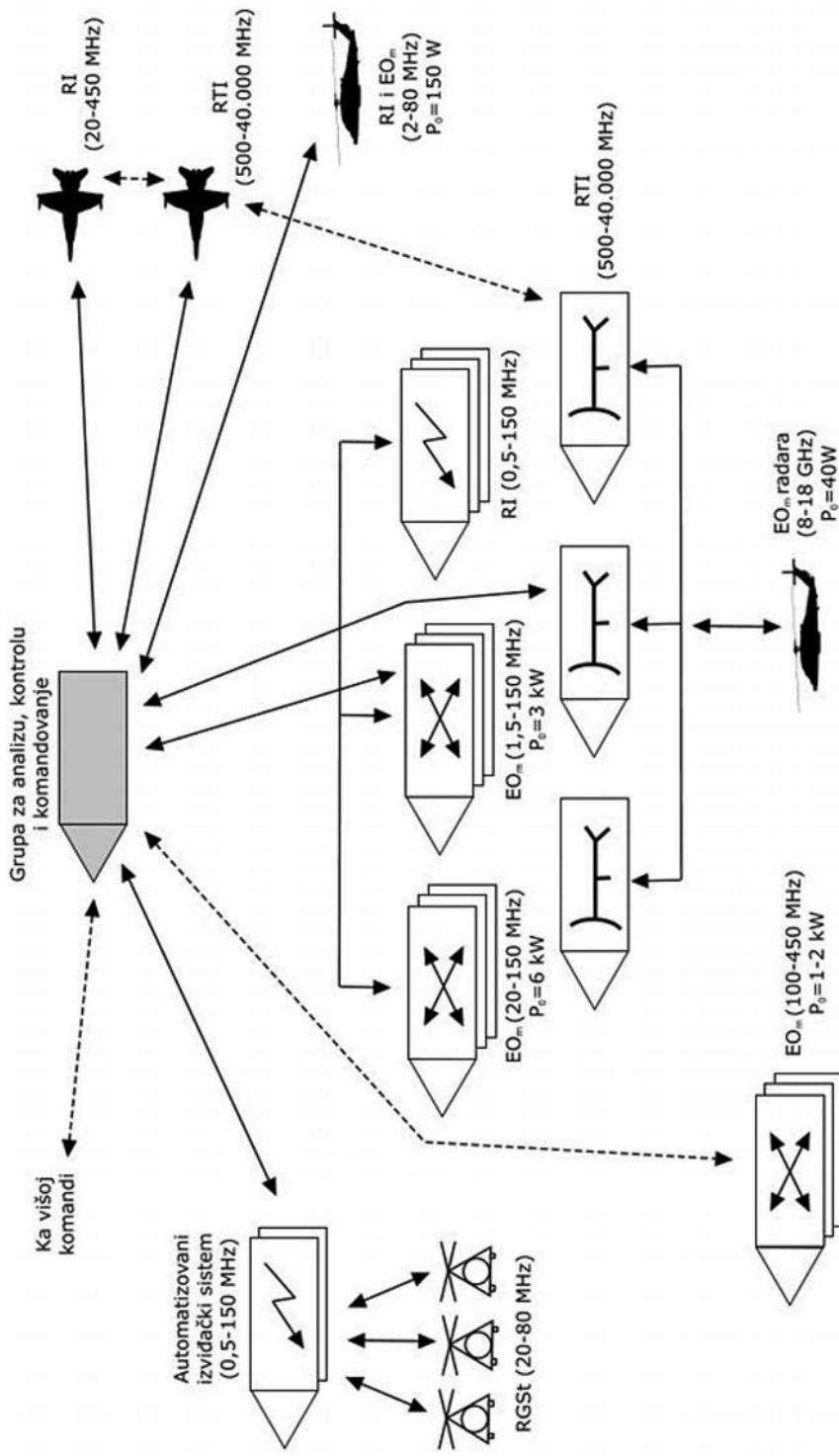
OSNOVNIH KARAKTERISTIKA SREDSTAVA ZA RI i RTI (ELINT)

MESTO SREDSTAVA (ambijent u kome rade)	FREKVENTNI OPSEG (MHz)	MAKSIMALNA DALJINA (km)	SREDNJA KVADRATNA GRESKA UGLOVNIH KOORDINATA	NAČIN DOSTAVLJANJA OBAVEŠTAJNIH IZVEŠTAJA (podatka)
Kosmos*	50-18.000	3000 pri $h=500\text{km}$	0,3 - 20°	radio-vezom
Vazdušni prostor	0,1-18.000	800 pri $h=30\text{km}$	0,3 - 10°	- radio-vezom - po povratku letelice na zemlju
More	0,01-20.000	400 pri difrakciji radio-talasa 500 pri troposferskom rasprostiranju radio-talasa 2300 pri ionosferskom rasprostiranju radio-talasa	0,5-10°	- radio-vezom - po povratku broda u luku (bazu)
Kopno	0,01-40.000	400 pri difrakciji radio-talasa 500 pri troposferskom rasprostiranju radio-talasa 2300 pri ionosferskom rasprostiranju radio-talasa	0,1-5°	- od stacionarnih stаница по $\dot{\text{Z}}_v$, RRv i Trv - od taktičkih јединица (pokretnih stаница) по $\dot{\text{Z}}_v$, RRv i RV.

* Primer satelita za EI je eliptična putanja sa perigejom oko 500 i apogejom oko 1500 km, masa satelita je oko 60 kg. Nagib putanje je oko 96°, vreme obilaska oko Zemlje oko 2 časa. Namjenjen je za RTI (ELINT).

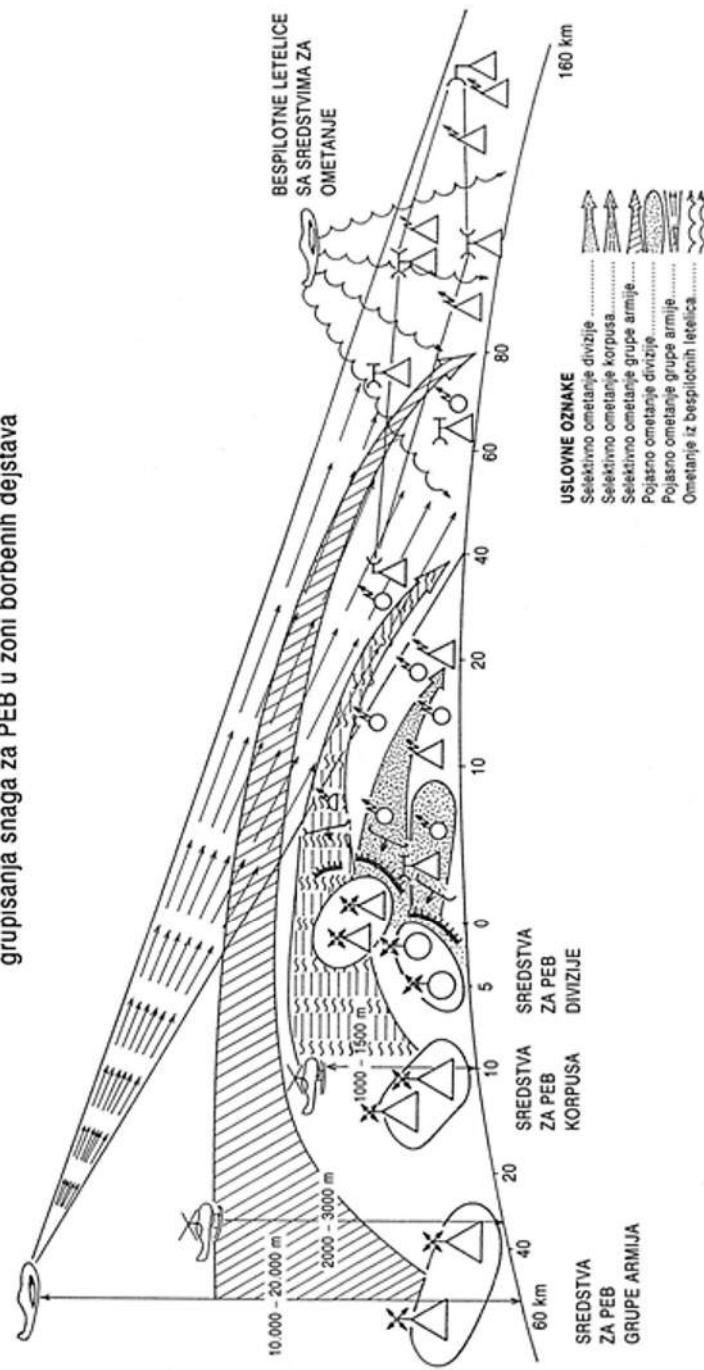
Prilog br. 2

**ŠEMA
načelne organizacije centra za izviđanje i PEB(ED) na taktičkom nivou**



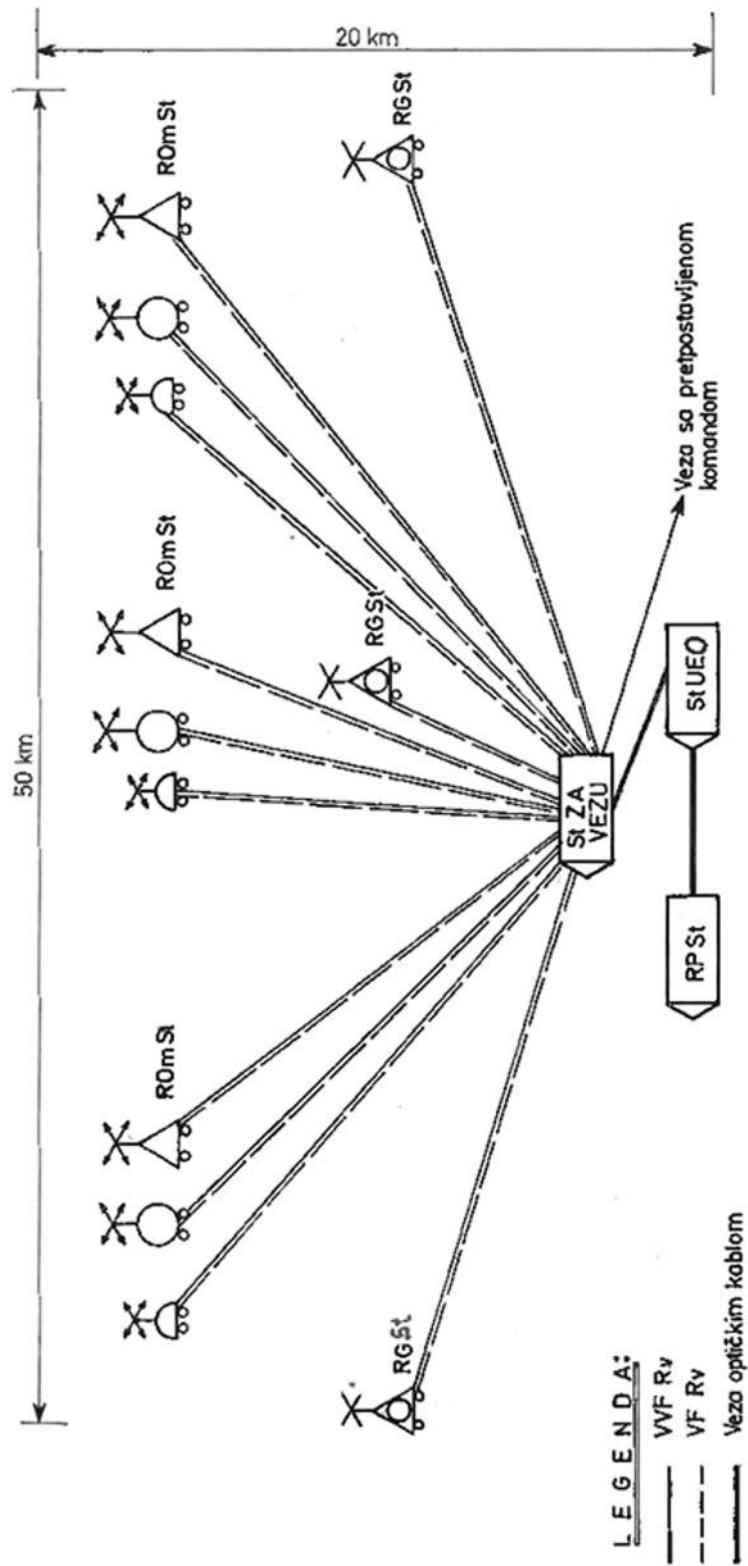
Prilog br. 3

ŠEMA
grupisanja snaga za PEB u zoni borbenih dejstava



Prilog br. 4

NAČELAN RASPORED
automatizovanog izviđačkog i ometaćkog sistema
(EOm=15 + 500 MHz, P0=1kW)

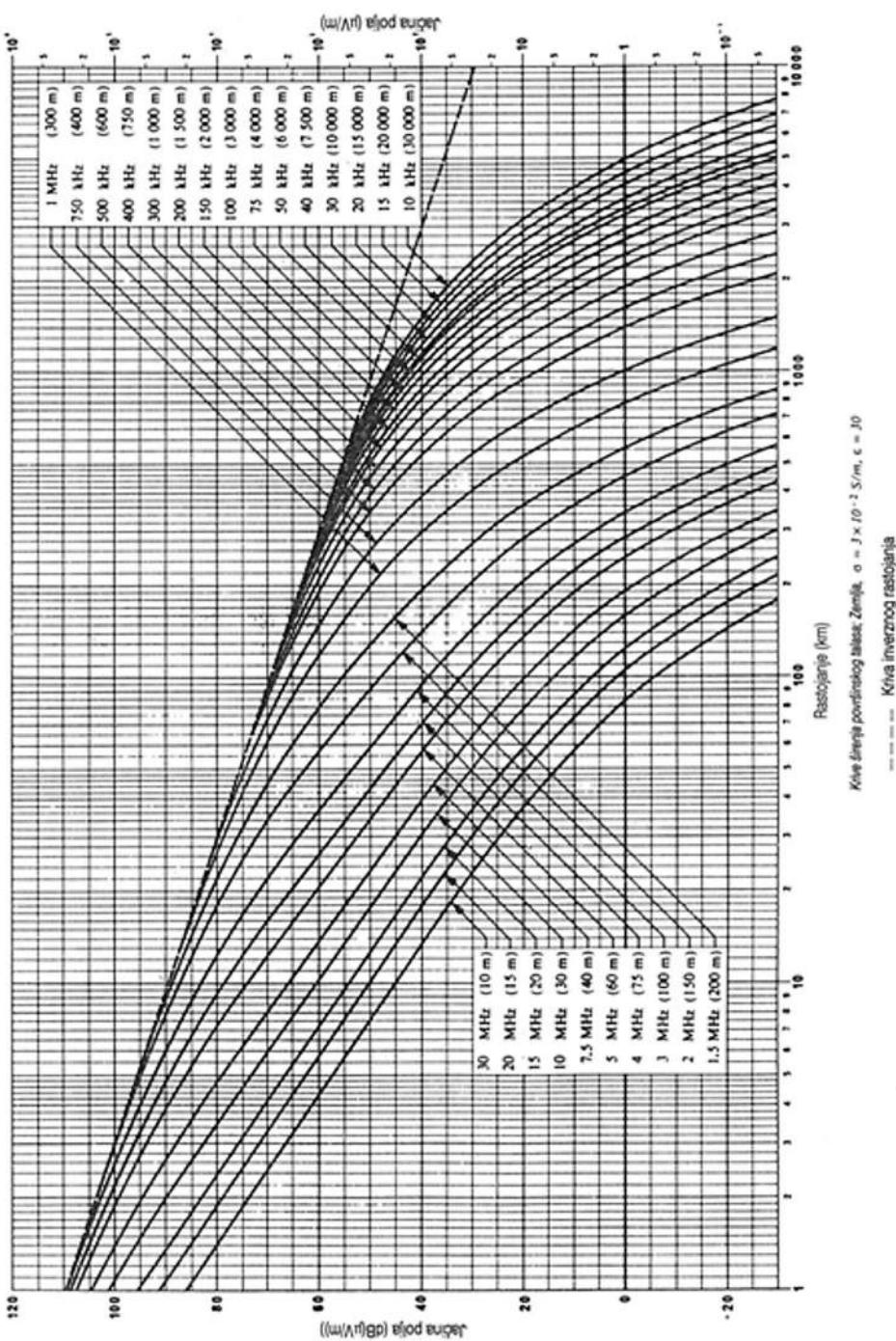


Prilog br. 5

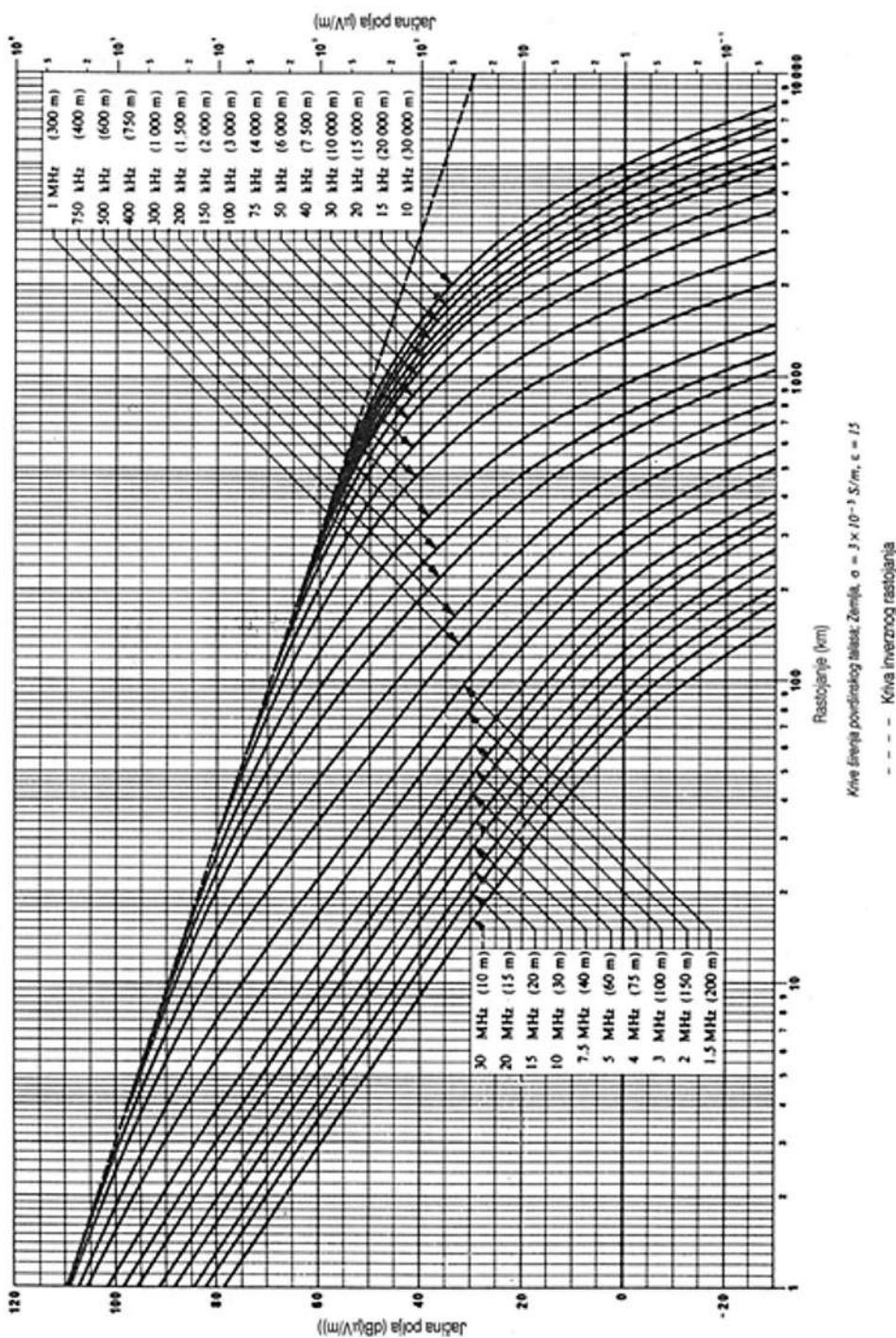
**KRIVE RASPROSTIRANJA POVRŠINSKE
KOMPONENTE ELEKTROMAGNETNIH TALASA
(prema CCIR)**

NAPOMENA: postoji 10 dijagrama od kojih je u ovom prilogu dato dva i tabela za klasifikaciju tla

Prilog br. 5/1



Prilog br. 5/2



Prilog br. 5/3

Tabela klasifikacije tla

TIP ZEMLJE	PROVODNOST U mS/m (σ)									
	0,01	0,03	0,1	0,3	1	3	10	30	100	5000
More $\epsilon_r = 80$										
Njive, vrlo vlažna ilovača $\epsilon_r = 30$										
Močvare, ilovača $\epsilon_r = 15$										
Srednje brdsko, peščana ilovača $\epsilon_r = 4$										
Kamenito, pesak, srednje veliki gradovi $\epsilon_r = 4$										
Veliki gradovi, industrijske površine $\epsilon_r = 3$										
Ledeni masivi $\epsilon_r = 3$										
Kamenita brda iznad 2000 m visine $\epsilon_r = 3$										
Brda između 1000 i 2000 m visine $\epsilon_r = 3$										
Brdovito između 500 i 1000 m visine $\epsilon_r = 3$										
Slatka voda $\epsilon_r = 80$										

ϵ_r – dielektrična konstanta

Prilog br. 6

PRORAČUN PROSTORNIH RADIO-VEZA (primer)

Ulazni podaci su:

- tačka refleksije 44,00 S/18,00 I (geografska širina i dužina)
- širina opsega (Hz) 1
- faktor lokacije 4 (poljski uslovi)
- odnos zaštite (dB) 53 (potreban odnos S/N za uspešan prijem)
- procenat dana 50 (u kome se očekuje uspešna veza)
 - dan 15
 - mesec 7
- broj pega 75 (srednja sunčeva aktivnost)
 - snaga (W) 400 (snaga predajnika)
 - daljina (km) 200 (na kojoj se želi održati veza, a u našem slučaju to je daljina sa koje izviđa neprijatelj)

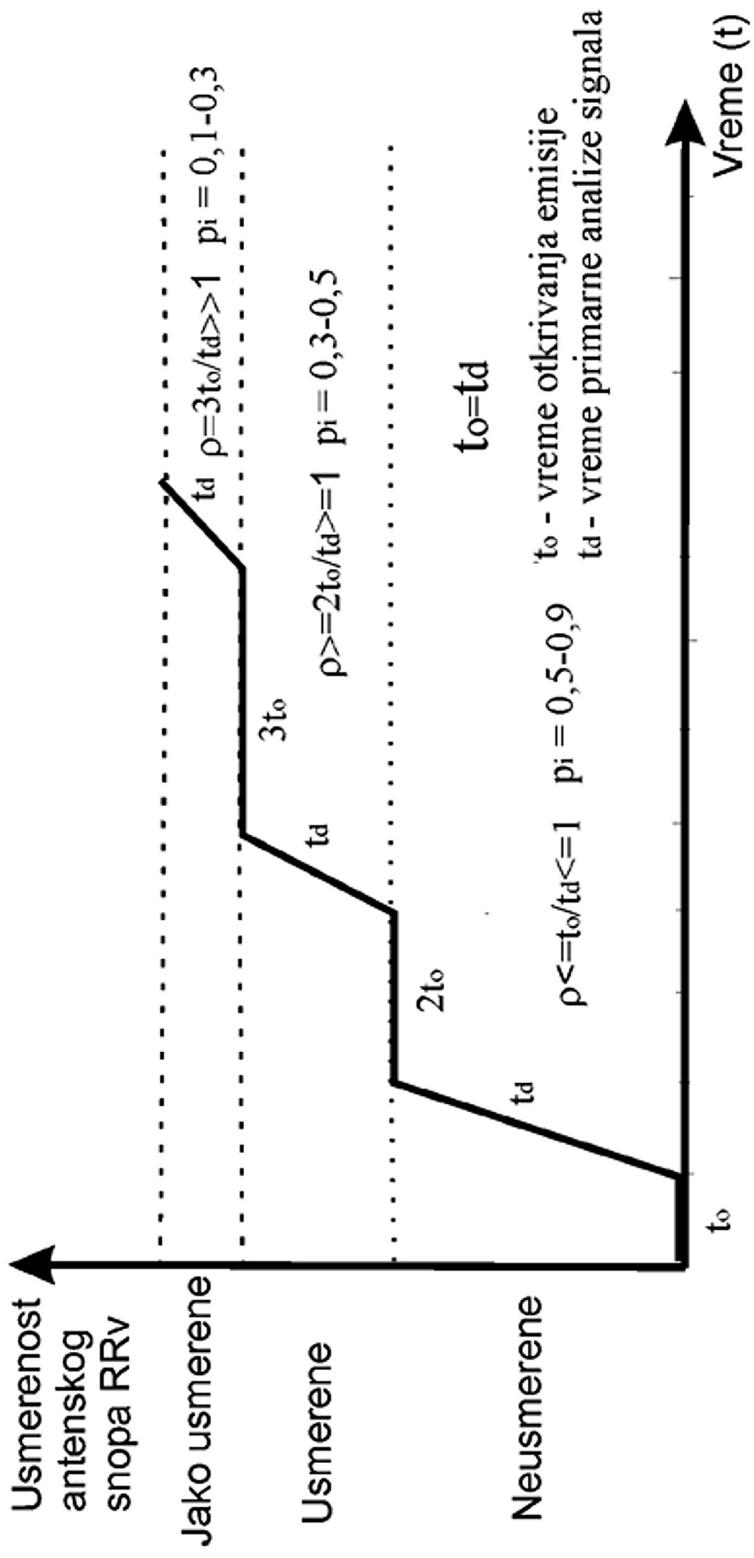
Izlazni podaci su:

SATI	MUF		Frekvencija (MHz)	Verovatnoća odbijanja	Ugao E	Polje E	Ugao F	Polje F	Verovat. izviđanja (održ. veze)							
	SLOJ															
	E	F														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
0	0,41	6,39	2	99,0	–	–	63,9	46,9	97,4							
			3	99,0	–	–	65,7	46,6	97,8							
			4	99,0	–	–	68,6	45,8	97,9							
			5	92,7	–	–	72,3	44,3	91,7							
			6	71,8	–	–	77,0	41,5	70,6							
			2	99,0	–	–	65,7	46,2	97,0							
2	0,65	5,77	3	99,0	–	–	67,4	44,0	97,5							
			4	98,7	–	–	70,7	44,8	97,2							
			5	83,7	–	–	75,0	42,7	82,1							
			2	99,0	–	–	62,4	47,4	96,6							
4	1,50	5,61	3	99,0	–	–	70,0	44,8	96,3							
			4	97,5	–	–	71,3	44,5	94,9							
			5	80,3	–	–	75,5	42,4	77,7							
			2	99,0	43,4	36,3	–	–	90,6							
6	2,54	6,26	4	99,0	–	–	70,5	39,1	93,4							
			5	91,2	–	–	72,8	40,4	87,3							
			6	68,0	–	–	76,8	39,1	64,9							
			2	99,0	42,6	25,1	–	–	99,0							
8	3,19	6,97	3	99,0	44,6	30,6	–	–	99,0							
			4	99,0	–	–	60,4	29,3	99,0							
			5	94,8	–	–	71,0	36,1	94,8							
			6	82,3	–	–	73,9	37,6	82,3							
			7	52,8	–	–	79,8	35,0	52,8							

SATI	MUF		Frekvencija (MHz)	Verovatnoća odbijanja	Ugao E	Polje E	Ugao F	Polje F	Verovat. izvidanja (održ. veze)							
	SLOJ															
	E	F														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
10	3,51	7,33	2	99,0	42,3	16,3	–	–	95,4							
			3	99,0	43,9	24,2	–	–	99,0							
			4	99,0	47,4	27,2	–	–	99,0							
			5	97,4	–	–	68,4	32,2	–							
			6	86,8	–	–	73,7	35,0	–							
			7	67,4	–	–	76,5	35,6	–							
			2	99,0	42,3	13,2	–	–	39,9							
12	3,60	7,49	3	99,0	43,7	22,2	–	–	80,9							
			4	99,0	46,8	26,3	–	–	92,7							
			5	99,0	–	–	67,4	30,7	98,1							
			6	90,9	–	–	73,4	34,3	90,6							
			7	73,5	–	–	75,9	35,3	73,4							
			2	99,0	42,4	17,8	–	–	55,9							
			3	99,0	43,9	25,2	–	–	87,6							
14	3,46	7,25	4	99,0	47,7	28,3	–	–	94,9							
			5	99,0	–	–	69,1	32,8	98,5							
			6	88,2	–	–	74,0	35,2	88,0							
			7	66,2	–	–	77,1	35,5	66,1							
			2	99,0	42,6	27,2	–	–	51,4							
			3	99,0	44,9	32,2	–	–	83,7							
			4	99,0	–	–	62,2	32,6	85,7							
16	3,09	7,13	5	98,2	–	–	71,5	37,0	95,2							
			6	87,1	–	–	73,6	38,4	84,9							
			7	61,8	–	–	77,8	37,1	59,1							
			2	99,0	43,8	38,4	–	–	92,2							
			3	99,0	–	–	58,7	37,4	94,9							
			4	99,0	–	–	68,9	41,3	98,0							
			5	99,0	–	–	69,6	42,7	98,7							
18	2,35	7,41	6	90,7	–	–	71,8	42,7	90,2							
			7	71,5	–	–	76,0	40,9	70,5							
			2	99,0	–	–	60,8	47,9	96,5							
			3	99,0	–	–	65,8	46,6	97,0							
			4	99,0	–	–	65,7	47,0	98,0							
			5	99,0	–	–	67,8	46,4	98,5							
			6	92,6	–	–	70,9	45,1	92,3							
20	1,43	7,60	7	76,3	–	–	75,0	43,0	76,0							
			2	99,0	–	–	64,7	46,6	95,2							
			3	99,0	–	–	64,5	47,1	97,3							
			4	99,0	–	–	66,4	46,7	97,9							
			5	98,8	–	–	69,3	45,7	98,9							
			6	87,9	–	–	72,9	44,1	87,3							
			7	63,2	–	–	78,1	40,8	62,5							
22	0,86	7,18	2	99,0	–	–	–	–	–							
			3	99,0	–	–	–	–	–							
			4	99,0	–	–	–	–	–							
			5	98,8	–	–	–	–	–							
			6	87,9	–	–	–	–	–							
			7	63,2	–	–	–	–	–							

Prilog br. 7

PROCENA VEROVATNOĆE IZVJEDANJA ZA RADIO-RELEJNE VEZE



Prilog br. 8

TABELA VEROVATNOĆE IZVIĐANJA (OTKRIVANJA)
PREMA TEORII MASOVNOG OPSLUŽIVANJA

p/n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0,1	0,909	0,995	1,000																			
0,2	0,833	0,984	0,999	1,000																		
0,3	0,769	0,967	0,997	1,000																		
0,4	0,714	0,946	0,993	0,999	1,000																	
0,5	0,667	0,923	0,987	0,998	1,000																	
0,6	0,625	0,899	0,980	0,997	1,000																	
0,7	0,588	0,874	0,971	0,995	0,999	1,000																
0,8	0,556	0,849	0,961	0,992	0,999	1,000																
0,9	0,526	0,824	0,950	0,989	0,998	1,000																
1,0	0,500	0,800	0,938	0,985	0,997	0,999	1,000															
1,5	0,400	0,690	0,866	0,952	0,986	0,996	0,999	1,000														
2,0	0,333	0,600	0,789	0,905	0,963	0,988	0,998	0,999	1,000													
2,5	0,286	0,528	0,718	0,850	0,930	0,972	0,990	0,997	0,999	1,000												
3,0	0,250	0,471	0,654	0,794	0,890	0,948	0,978	0,992	0,997	0,999	1,000											
3,5	0,222	0,424	0,598	0,740	0,846	0,918	0,960	0,983	0,993	0,998	0,999	1,000										
4,0	0,200	0,385	0,549	0,689	0,801	0,883	0,937	0,970	0,987	0,995	0,998	0,999	1,000									
4,5	0,182	0,352	0,507	0,643	0,757	0,846	0,910	0,952	0,976	0,990	0,998	0,999	1,000									
5,0	0,167	0,324	0,470	0,602	0,715	0,808	0,879	0,930	0,963	0,982	0,992	0,997	0,999	1,000								
5,5	0,154	0,301	0,438	0,564	0,676	0,771	0,847	0,905	0,945	0,971	0,986	0,993	0,997	0,999	1,000							
6,0	0,143	0,280	0,410	0,530	0,640	0,735	0,815	0,878	0,925	0,957	0,977	0,989	0,995	0,998	0,999	1,000						
6,5	0,133	0,262	0,385	0,500	0,606	0,701	0,783	0,850	0,902	0,940	0,966	0,982	0,991	0,996	0,998	0,999	1,000					
7,0	0,125	0,246	0,362	0,473	0,575	0,669	0,751	0,821	0,878	0,921	0,952	0,973	0,986	0,993	0,997	0,999	1,000					
7,5	0,118	0,232	0,342	0,448	0,547	0,638	0,721	0,793	0,853	0,900	0,936	0,962	0,978	0,989	0,994	0,997	0,999	1,000				
8,0	0,111	0,220	0,325	0,425	0,521	0,610	0,692	0,764	0,827	0,878	0,919	0,949	0,969	0,983	0,991	0,995	0,998	0,999	1,000			
8,5	0,105	0,208	0,308	0,405	0,497	0,584	0,664	0,737	0,801	0,855	0,899	0,934	0,958	0,975	0,986	0,993	0,996	0,998	0,999	1,000		
9,0	0,100	0,198	0,294	0,386	0,475	0,559	0,638	0,711	0,776	0,832	0,879	0,917	0,946	0,966	0,980	0,989	0,994	0,997	0,999	0,999	1,000	
9,5	0,095	0,189	0,280	0,369	0,455	0,537	0,614	0,686	0,751	0,809	0,858	0,899	0,931	0,955	0,973	0,984	0,991	0,995	0,998	0,999	1,000	
10,0	0,091	0,180	0,268	0,353	0,436	0,515	0,591	0,662	0,727	0,785	0,837	0,880	0,916	0,943	0,964	0,978	0,987	0,993	0,996	0,998	0,999	

n = i

Prilog br. 9

IZVOĐENJE FORMULE ZA SREDNJI BROJ IZVIĐANIH, OMETANIH ILI UNIŠTENIH CILJEVA

U teoriji verovatnoće data je i formula totalne verovatnoće, koja se može primeniti pri proračunu verovatnoće izvršenja nekog zadatka. Ona glasi:

$$P_n = 1 - (1 - P_l)^n \quad (1)$$

gde je:

P_n – verovatnoća izvršenja zadatka grupom iste vrste sredstava,

P_l – verovatnoća izvršenja zadatka jednim sredstvom,

n – broj raspoloživih sredstava za jedan cilj (kada ima više ciljeva ovaj broj se mora podeliti na ukupan broj ciljeva).

Ako se u datu formulu unese i verovatnoća protivdejstva protivnika, ona glasi:

$$P_n = 1 - (1 - P_l Q)^n \quad (2)$$

gde je Q verovatnoća protivdejstva protivnika.

$$Q = 1 - P_l \quad \text{jer je } Q + P_l = 1$$

Kada se događaji pojavljuju pojedinačno, u slučajnim vremenskim momentima i nezavisno jedan od drugog, onda se oni ostvaruju po tzv. Puasonovom zakonu, pa je:

$$P_l = 1 - e^{-p} ; Q = e^{-p} \quad (3)$$

gde je p verovatnoća izvršenja zadatka jednim protivdejstvom protivnika ($p = \frac{n_u}{n}$, n_u – broj uništenih sredstava).

Ako se u formulu (2) uvede zamena za Q formula (3), ona će glasiti:

$$P_n = 1 - (1 - e^{-p} \cdot P_l)^n \quad (4)$$

Matematičko očekivanje broja izviđanih, ometanih ili uništenih ciljeva može se izračunati prema:

$$M = N \cdot P_n \quad (5)$$

gde je:

N – broj radio-veza (objekata) koje se nalaze u zoni izviđanja, ometanja ili uništenja,

P_n – verovatnoća izviđanja, ometanja ili uništenja sa n sredstava.

Kada se u formulu (5) uvede formula (4), srednji broj izviđanih, ometanih ili uništenih ciljeva može se izračunati prema:

$$M = N \left[1 - \left(1 - e^{-p} \cdot P_l \right)^{\frac{n}{N}} \right] \quad (6)$$

Dalja razrada ove formule (matematičkog modela) predstavljaju formule 7, 16, 19 i 19/1.

Prilog br. 10

IZVOĐENJE FORMULE ZA DALJINU OMETANJA

Da bi se realizovalo efikasno ometanje radio-veze neophodno je zadovoljiti sledeći uslov:

$$K_o \geq \left(\frac{P_o}{P_s} \right) \text{ ul. prijemnik,}$$

gde je:

K_o – koeficijent ometanja,

$P_o/\text{ul. prijemnik}$ – snaga signala ometanja na mestu prijema,

$P_s/\text{ul. prijemnik}$ – snaga korisnog signala na mestu prijema.

U teoriji o rasprostiranju elektromagnetskih talasa poznata je formula za izračunavanje jačine električnog polja na mestu prijema, koja glasi:

$$E_s = \frac{245\sqrt{P_s \cdot G_s}}{D_s} \cdot W(x) \quad [\text{mV/m}]$$

gde je:

E_s – efektivno električno polje signala na mestu prijema,

P_s – emitovana snaga (snaga predajne stanice) u kW,

G_s – faktor usmerenosti antene u odnosu na izotropni radijator,

D_s – rastojanje između predajne i prijemne stanice u km,

$W(x)$ – faktor slabljenja (izražava uticaj zemlje).

Prilikom izračunavanja jačine polja x služi kao pomoćna veličina i izračunava se prema formuli (izvedeno na osnovu Šulejkin – Van der Pol-ove jednačine. Ova jednačina, kao i ostale naredne jednačine poznate su u teoriji, i prezentovane su u literaturi):

$$X = \frac{\pi D_s}{\lambda_s} \cdot \frac{I}{\sqrt{\epsilon^2 + (60 \cdot \lambda_s \cdot \sigma)^2}}$$

gde je:

λ_s – radna talasna dužina stanica veza u metrima,

ϵ – dielektrična konstanta tla,

σ – provodljivost tla.

Faktor slabljenja se može izračunati prema aproksimativnoj jednačini:

$$|W| \approx \frac{2+0,3x}{2+x+0,6x^2}$$

Za iznose $x > 25$ jednačina dobija oblik:

$$|W| = \frac{1}{2x}$$

Sem iznetog, u teoriji o rasprostiranju elektromagnetičnih talasa, snaga signala (P_s) na mestu prijema izračunava se prema:

$$P_s = K \cdot E_s^2$$

gde je K koeficijent proporcionalnosti koji zavisi od parametara prijemne antene stanice veze.

Prema iznetom možemo konstatovati da je:

$$P_s(\text{ul.prijem}) = K \cdot E_s^2 = K \cdot \left[\frac{245\sqrt{P_s \cdot G_s}}{D_s} \cdot \frac{\lambda_s \sqrt{\epsilon^2 + (60 \cdot \lambda_s \cdot \sigma)^2}}{2 \cdot \pi \cdot D_s} \right]^2$$

Analogno sa P_s može se izračunati i P_o :

$$P_o(\text{ul.prijem}) = K \cdot E_o^2 = K \cdot \left[\frac{245\sqrt{P_o \cdot G_o}}{D_o} \cdot \frac{\lambda_o \sqrt{\epsilon^2 + (60 \cdot \lambda_o \cdot \sigma)^2}}{2 \cdot \pi \cdot D_o} \right]^2$$

gde je:

G_o – faktor usmerenosti – pojačanja antene omotača,

D_o – rastojanje od omotača do ometane stanice,

λ_o – talasna dužina ometanja.

Sledi:

$$K_o \geq \frac{P_o(\text{ul.pr.})}{P_s(\text{ul.pr.})} = \frac{K \cdot E_o^2}{K \cdot E_s^2} = \frac{K \cdot \left[\frac{245\sqrt{P_o \cdot G_o}}{D_o} \cdot \frac{\lambda_o \sqrt{\epsilon^2 + (60 \cdot \lambda_o \cdot \sigma)^2}}{2 \cdot \pi \cdot D_o} \right]^2}{K \cdot \left[\frac{245\sqrt{P_s \cdot G_s}}{D_s} \cdot \frac{\lambda_s \sqrt{\epsilon^2 + (60 \cdot \lambda_s \cdot \sigma)^2}}{2 \cdot \pi \cdot D_s} \right]^2}$$

Pošto je $\lambda_o = \lambda_s$, onda je:

$$K_o \geq \frac{P_o(\text{ul.pr.})}{P_s(\text{ul.pr.})} = \frac{P_o \cdot G_o \cdot D_o^4}{P_s \cdot G_s \cdot D_s^4}$$

Odavde sledi:

$$\frac{D_o}{D_s} \leq \sqrt[4]{\frac{P_o \cdot G_o}{P_s \cdot G_s \cdot K_o}}$$

$$D_o \leq D_s \cdot \sqrt[4]{\frac{P_o \cdot G_o}{P_s \cdot G_s \cdot K_o}}$$

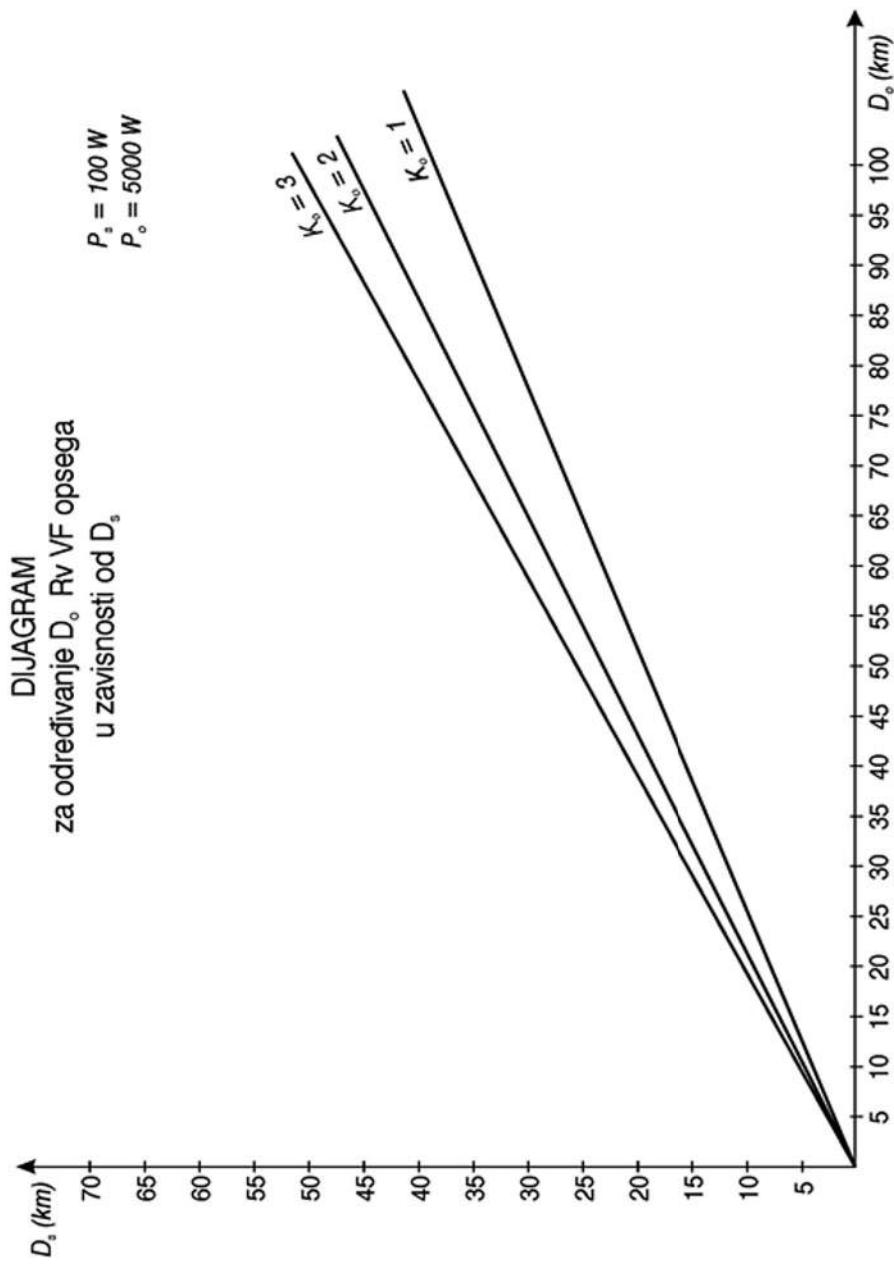
Ovaj obrazac važi za rad površinskim talasima, gde je obično $G_o = G_s = I$, pa obrazac glasi:

$$D_o = D_s \cdot \sqrt{\frac{P_o}{P_s \cdot K_o}}$$

Kada zemlja ne utiče na rasprostiranje elektromagnetičnih talasa, tj. kod direktnih talasa, obrazac glasi:

$$D_o = D_s \cdot \sqrt{\frac{P_o \cdot G_o}{P_s \cdot G_s \cdot K_o}}$$

Prilog br. 11

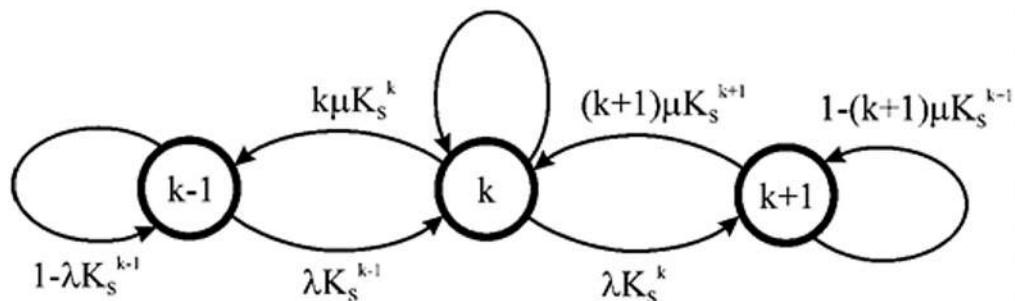


Prilog br. 12

IZVOĐENJE FORMULE ERLANGA SA KOEFICIJENTOM SPREMNOSTI

GRAF PRELAZA

$$1 - (1 + k\mu)K_s^k$$



Verovatnoća prelaza sistema iz stanja k u stanje $k + 1$ jednaka je λK_s^k

MATRICA PRELAZA

$$P = \begin{bmatrix} k-1 & k & k+1 \\ 1 - \lambda K_s^{k-1} & \lambda K_s^k & 0 \\ k\mu K_s^k & 1 - (\lambda + k\mu)K_s^k & \lambda K_s^k \\ k+1 & 0 & (k+1)\mu K_s^{k+1} \\ & & 1 - (k+1)\mu K_s^{k+1} \end{bmatrix}$$

Na osnovu matrice dobija se rekurentna relacija za verovatnoću p_k :

$$p_k = (1 - \lambda K_s^{k-1}) p_{k-1} + k\mu K_s^k p_k + 0 \cdot p_{k+1} \quad (1)$$

Postupkom indukcije dobija se:

$$p_k = \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \cdot \frac{1}{k!} \cdot \frac{1}{K_s^k} \cdot p_0; \quad (k = 1, 2, \dots n) \quad (2)$$

Određivanje p_0 vrši se na osnovu uslova:

$$\sum_{m=0}^n p_m = 1$$

Odakle se dobija:

$$p_0 = \left[\sum_{m=0}^n \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^m \cdot \frac{1}{m!} \cdot \frac{1}{K_s^m} \right]^{-1} \quad (3)$$

Zamenom izraza za p_0 iz izraza (3) u izraz (2) dobija se:

$$p_k = \frac{\frac{1}{k!} \cdot \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \cdot \frac{1}{K_s^k}}{\sum_{m=0}^n \frac{1}{m!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^m \cdot \frac{1}{K_s^m}} \quad (4)$$

Ako je $k = n$, tj. verovatnoća otkaza jednaka je:

$$p_n = \frac{\frac{1}{n!} \cdot \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \cdot \frac{1}{K_s^n}}{\sum_{m=0}^n \frac{1}{m!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^m \cdot \frac{1}{K_s^m}} \quad (5)$$

Kada se u izraz (5) unesu zamene $\frac{\lambda}{\mu} = \alpha$ i $m = k$ dobija se:

$$p_n = \frac{\frac{\alpha^n}{n!} \cdot \frac{1}{K_s^n}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} \cdot \frac{1}{K_s^k}} \quad (6)$$

Verovatnoća da sistem nije u otkazu jednaka je:

$$p_{op} = 1 - p_n \quad (7)$$

$$p_{op} = 1 - \frac{\frac{\alpha^n}{n!} \cdot \frac{1}{K_s^n}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} \cdot \frac{1}{K_s^k}} \quad (8)$$

Prilog br. 13 izračunat je prema ovoj formuli.

Prilog br. 13

T A B E L E

VEROVATNOĆE OPSLUŽIVANJA (OMETANJA ILI FIZIČKOG UNIŠTENJA)
SISTEMA VEZA PREMA TEORIJI MASOVNOG OPSLUŽIVANJA

$$\alpha(\rho) = 0, 1$$

$$\alpha(\rho) = 0,2$$

$$\alpha(\rho) = 0,3$$

$$\alpha(\rho) = 0,4$$

$$\alpha(\rho) = 0,5$$

$$\alpha(\rho) = 0,6$$

$$\alpha(\rho) = 0,7$$

$$\alpha(\rho) = 0,8$$

$$\alpha(\rho) = 0,9$$

$$\alpha(\rho) = 1$$

$$\alpha(\rho) = 2$$

$$\alpha(\rho) = 3$$

$$\alpha(\rho) = 4$$

$$\alpha(\rho) = 5$$

$\alpha(\rho) = 6$

n/ K _s (p _i , +p _j)	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
1	0,016	0,032	0,048	0,063	0,077	0,091	0,098	0,104	0,111	0,118	0,124	0,130	0,137	0,143
2	0,033	0,064	0,095	0,125	0,153	0,180	0,194	0,207	0,220	0,232	0,244	0,257	0,268	0,280
3	0,049	0,097	0,142	0,186	0,228	0,268	0,287	0,306	0,325	0,342	0,360	0,377	0,394	0,410
4	0,066	0,129	0,189	0,247	0,302	0,353	0,378	0,402	0,425	0,448	0,470	0,491	0,511	0,530
5	0,082	0,161	0,236	0,307	0,374	0,436	0,466	0,494	0,521	0,547	0,572	0,596	0,610	0,640
6	0,098	0,192	0,282	0,366	0,444	0,515	0,549	0,580	0,610	0,638	0,665	0,690	0,713	0,735
7	0,115	0,224	0,328	0,424	0,512	0,591	0,627	0,661	0,692	0,721	0,747	0,772	0,794	0,815
8	0,131	0,256	0,373	0,481	0,577	0,662	0,699	0,733	0,764	0,793	0,818	0,840	0,860	0,878
9	0,147	0,287	0,418	0,536	0,640	0,727	0,764	0,797	0,827	0,853	0,875	0,894	0,911	0,935
10	0,163	0,319	0,462	0,590	0,698	0,785	0,821	0,852	0,878	0,900	0,919	0,934	0,947	0,957
11	0,180	0,350	0,506	0,641	0,752	0,837	0,870	0,897	0,919	0,936	0,951	0,962	0,970	0,977
12	0,196	0,381	0,548	0,690	0,801	0,880	0,909	0,931	0,949	0,962	0,972	0,979	0,985	0,989
13	0,212	0,412	0,590	0,737	0,845	0,916	0,939	0,957	0,969	0,978	0,985	0,989	0,993	0,995
14	0,229	0,442	0,631	0,780	0,883	0,943	0,961	0,974	0,983	0,989	0,992	0,995	0,997	0,998
15	0,245	0,473	0,670	0,820	0,914	0,964	0,977	0,985	0,991	0,994	0,996	0,998	0,999	0,999
16	0,261	0,503	0,708	0,855	0,940	0,978	0,987	0,992	0,995	0,997	0,998	0,999	0,999	1,000
17	0,277	0,533	0,744	0,887	0,959	0,987	0,993	0,996	0,998	0,999	0,999	1,000		
18	0,293	0,562	0,779	0,914	0,973	0,993	0,996	0,998	0,999	1,000				
19	0,309	0,591	0,811	0,936	0,984	0,996	0,998	0,999	1,000					
20	0,326	0,620	0,841	0,954	0,990	0,998	0,999	1,000						
21	0,342	0,648	0,869	0,968	0,994	0,999	1,000							
22	0,358	0,676	0,893	0,979	0,997	1,000								
23	0,374	0,703	0,915	0,986	0,998	1,000								
24	0,390	0,729	0,934	0,992	0,999	1,000								

 $\alpha(\rho) = 7$

n/ K _s (p _i , +p _j)	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
1	0,014	0,028	0,041	0,054	0,067	0,079	0,085	0,091	0,097	0,103	0,108	0,114	0,119	0,125
2	0,028	0,056	0,082	0,108	0,133	0,157	0,169	0,180	0,192	0,203	0,214	0,225	0,236	0,246
3	0,042	0,083	0,123	0,161	0,198	0,234	0,251	0,268	0,285	0,301	0,317	0,332	0,348	0,362
4	0,056	0,111	0,163	0,214	0,263	0,309	0,332	0,353	0,375	0,395	0,415	0,435	0,454	0,473
5	0,070	0,138	0,204	0,267	0,326	0,383	0,410	0,436	0,461	0,486	0,509	0,532	0,554	0,575
6	0,084	0,166	0,244	0,319	0,389	0,455	0,486	0,515	0,544	0,572	0,598	0,623	0,646	0,669
7	0,098	0,193	0,284	0,370	0,450	0,524	0,558	0,591	0,622	0,651	0,679	0,705	0,729	0,751
8	0,113	0,221	0,324	0,420	0,510	0,590	0,627	0,662	0,694	0,724	0,751	0,777	0,800	0,821
9	0,127	0,248	0,363	0,470	0,567	0,653	0,691	0,727	0,759	0,788	0,815	0,838	0,859	0,878
10	0,141	0,275	0,402	0,519	0,623	0,712	0,751	0,785	0,816	0,844	0,868	0,888	0,906	0,921
11	0,155	0,303	0,441	0,566	0,676	0,766	0,804	0,837	0,865	0,889	0,910	0,927	0,941	0,952
12	0,169	0,330	0,479	0,613	0,725	0,815	0,850	0,880	0,905	0,925	0,942	0,955	0,965	0,973
13	0,183	0,357	0,517	0,657	0,772	0,857	0,890	0,916	0,936	0,952	0,964	0,974	0,981	0,986
14	0,197	0,383	0,554	0,700	0,814	0,894	0,922	0,943	0,959	0,971	0,979	0,986	0,990	0,993
15	0,211	0,410	0,590	0,741	0,852	0,924	0,947	0,964	0,975	0,983	0,989	0,993	0,995	0,997
16	0,225	0,437	0,626	0,779	0,885	0,947	0,965	0,978	0,986	0,991	0,994	0,996	0,998	0,999
17	0,238	0,463	0,661	0,815	0,914	0,965	0,979	0,987	0,992	0,995	0,997	0,998	0,999	0,999
18	0,252	0,489	0,695	0,847	0,937	0,978	0,987	0,993	0,996	0,998	0,999	0,999	1,000	
19	0,266	0,515	0,727	0,877	0,956	0,987	0,993	0,996	0,998	0,999	0,999	1,000		
20	0,280	0,541	0,759	0,903	0,970	0,992	0,996	0,998	0,999	1,000				
21	0,294	0,567	0,789	0,925	0,980	0,996	0,998	0,999	1,000					
22	0,308	0,592	0,817	0,944	0,988	0,998	0,999	1,000						
23	0,322	0,617	0,843	0,959	0,993	0,999	1,000							
24	0,336	0,642	0,868	0,971	0,996	0,999	1,000							

$\alpha(\rho) = 8$

n/ K _s (p _i , *p _j)	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
1	0,012	0,024	0,036	0,048	0,059	0,070	0,075	0,080	0,086	0,091	0,096	0,101	0,106	0,111
2	0,025	0,049	0,072	0,095	0,117	0,139	0,149	0,160	0,170	0,180	0,190	0,200	0,210	0,220
3	0,037	0,073	0,108	0,142	0,175	0,207	0,223	0,228	0,253	0,268	0,282	0,297	0,311	0,325
4	0,049	0,097	0,144	0,189	0,233	0,275	0,295	0,315	0,334	0,353	0,372	0,390	0,408	0,425
5	0,062	0,122	0,180	0,236	0,289	0,341	0,366	0,390	0,413	0,436	0,458	0,480	0,501	0,521
6	0,074	0,146	0,215	0,282	0,345	0,406	0,435	0,462	0,489	0,515	0,541	0,565	0,588	0,610
7	0,086	0,170	0,251	0,328	0,401	0,469	0,501	0,533	0,562	0,591	0,618	0,644	0,669	0,692
8	0,099	0,194	0,286	0,373	0,455	0,531	0,566	0,600	0,632	0,662	0,690	0,717	0,741	0,764
9	0,111	0,218	0,321	0,418	0,508	0,590	0,628	0,663	0,696	0,727	0,755	0,781	0,805	0,827
10	0,123	0,242	0,356	0,462	0,559	0,646	0,686	0,722	0,755	0,785	0,813	0,837	0,859	0,878
11	0,136	0,266	0,390	0,506	0,609	0,700	0,740	0,776	0,808	0,837	0,862	0,884	0,903	0,919
12	0,148	0,290	0,425	0,548	0,658	0,750	0,789	0,824	0,854	0,880	0,902	0,921	0,936	0,949
13	0,160	0,314	0,459	0,590	0,704	0,796	0,834	0,866	0,893	0,916	0,934	0,949	0,960	0,969
14	0,172	0,338	0,492	0,631	0,747	0,837	0,872	0,901	0,925	0,943	0,957	0,968	0,977	0,983
15	0,185	0,362	0,526	0,670	0,787	0,874	0,905	0,930	0,949	0,964	0,974	0,982	0,987	0,991
16	0,197	0,385	0,558	0,708	0,825	0,905	0,932	0,952	0,967	0,978	0,985	0,990	0,993	0,995
17	0,209	0,409	0,591	0,744	0,858	0,930	0,953	0,969	0,980	0,987	0,992	0,995	0,997	0,998
18	0,222	0,432	0,623	0,779	0,888	0,951	0,969	0,981	0,988	0,993	0,996	0,997	0,998	0,999
19	0,234	0,455	0,654	0,811	0,914	0,967	0,980	0,989	0,993	0,996	0,998	0,999	0,999	1,000
20	0,246	0,479	0,684	0,841	0,936	0,978	0,988	0,993	0,997	0,998	0,999	0,999	1,000	
21	0,258	0,502	0,714	0,869	0,953	0,986	0,993	0,996	0,998	0,999	1,000			
22	0,270	0,525	0,742	0,893	0,967	0,992	0,996	0,998	0,999	1,000				
23	0,283	0,547	0,770	0,915	0,978	0,995	0,998	0,999	1,000					
24	0,295	0,570	0,796	0,934	0,985	0,997	0,999	1,000						

$\alpha(\rho) = 9$

n/ K _s (p _i , *p _j)	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
1	0,011	0,022	0,032	0,043	0,053	0,063	0,067	0,072	0,077	0,082	0,086	0,091	0,095	0,100
2	0,022	0,043	0,064	0,085	0,105	0,125	0,134	0,144	0,153	0,162	0,171	0,180	0,189	0,198
3	0,033	0,065	0,097	0,127	0,157	0,186	0,200	0,214	0,228	0,241	0,255	0,268	0,281	0,294
4	0,044	0,087	0,129	0,169	0,209	0,247	0,265	0,284	0,302	0,319	0,336	0,353	0,370	0,386
5	0,055	0,108	0,161	0,211	0,260	0,307	0,330	0,352	0,374	0,395	0,416	0,436	0,456	0,475
6	0,066	0,130	0,192	0,253	0,311	0,366	0,393	0,419	0,444	0,469	0,492	0,515	0,538	0,559
7	0,077	0,152	0,224	0,294	0,361	0,424	0,454	0,484	0,512	0,539	0,566	0,591	0,615	0,638
8	0,088	0,173	0,256	0,335	0,410	0,481	0,514	0,546	0,577	0,607	0,635	0,662	0,687	0,711
9	0,099	0,195	0,287	0,376	0,459	0,536	0,572	0,607	0,640	0,670	0,700	0,727	0,752	0,776
10	0,110	0,216	0,319	0,416	0,507	0,590	0,628	0,664	0,698	0,730	0,759	0,785	0,810	0,832
11	0,121	0,238	0,350	0,456	0,553	0,641	0,681	0,718	0,752	0,783	0,811	0,837	0,859	0,879
12	0,132	0,259	0,381	0,495	0,599	0,690	0,731	0,768	0,801	0,831	0,857	0,880	0,900	0,917
13	0,143	0,281	0,412	0,534	0,643	0,737	0,777	0,813	0,845	0,873	0,896	0,916	0,932	0,946
14	0,154	0,302	0,442	0,572	0,685	0,780	0,820	0,854	0,883	0,907	0,927	0,943	0,956	0,966
15	0,165	0,323	0,473	0,609	0,726	0,820	0,857	0,889	0,914	0,935	0,951	0,964	0,973	0,980
16	0,175	0,344	0,503	0,645	0,764	0,855	0,890	0,918	0,940	0,956	0,969	0,978	0,984	0,989
17	0,186	0,366	0,533	0,680	0,800	0,887	0,918	0,941	0,959	0,972	0,981	0,987	0,991	0,994
18	0,197	0,387	0,562	0,715	0,834	0,914	0,941	0,960	0,973	0,983	0,989	0,993	0,995	0,997
19	0,208	0,408	0,591	0,747	0,864	0,936	0,958	0,974	0,984	0,990	0,994	0,996	0,998	0,999
20	0,219	0,429	0,620	0,779	0,891	0,954	0,972	0,983	0,990	0,994	0,997	0,998	0,999	0,999
21	0,230	0,450	0,648	0,808	0,914	0,968	0,982	0,990	0,994	0,997	0,998	0,999	1,000	
22	0,241	0,470	0,676	0,836	0,935	0,979	0,989	0,994	0,997	0,998	0,999	1,000		
23	0,252	0,491	0,703	0,862	0,951	0,986	0,993	0,997	0,998	0,999	1,000			
24	0,263	0,512	0,729	0,885	0,965	0,992	0,996	0,998	0,999	1,000				

$\alpha(\rho) = 10$

n/ K _s (p _i , +p _j)	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
1	0,010	0,020	0,029	0,038	0,048	0,057	0,061	0,065	0,070	0,074	0,078	0,083	0,087	0,091
2	0,020	0,039	0,058	0,077	0,095	0,113	0,122	0,130	0,139	0,147	0,156	0,164	0,172	0,180
3	0,030	0,059	0,087	0,115	0,142	0,169	0,182	0,194	0,207	0,220	0,232	0,244	0,256	0,268
4	0,040	0,078	0,116	0,153	0,189	0,224	0,241	0,258	0,275	0,291	0,307	0,323	0,338	0,353
5	0,049	0,098	0,145	0,191	0,236	0,279	0,300	0,320	0,341	0,361	0,380	0,399	0,418	0,436
6	0,059	0,117	0,174	0,229	0,282	0,333	0,358	0,382	0,406	0,429	0,451	0,473	0,495	0,515
7	0,069	0,137	0,203	0,266	0,328	0,386	0,415	0,442	0,469	0,495	0,520	0,545	0,568	0,591
8	0,079	0,156	0,231	0,304	0,373	0,439	0,470	0,501	0,531	0,559	0,586	0,613	0,638	0,662
9	0,089	0,176	0,260	0,341	0,418	0,490	0,525	0,558	0,590	0,620	0,649	0,670	0,702	0,727
10	0,099	0,195	0,288	0,378	0,462	0,541	0,578	0,613	0,646	0,678	0,708	0,736	0,761	0,785
11	0,109	0,215	0,317	0,414	0,506	0,590	0,629	0,665	0,700	0,732	0,762	0,789	0,814	0,837
12	0,119	0,234	0,345	0,450	0,548	0,637	0,677	0,715	0,750	0,782	0,811	0,837	0,860	0,880
13	0,129	0,253	0,373	0,486	0,590	0,682	0,724	0,762	0,796	0,827	0,854	0,878	0,898	0,916
14	0,138	0,273	0,401	0,521	0,631	0,726	0,767	0,804	0,837	0,866	0,891	0,911	0,929	0,943
15	0,148	0,292	0,429	0,556	0,670	0,766	0,807	0,843	0,874	0,900	0,921	0,938	0,952	0,964
16	0,158	0,311	0,457	0,591	0,708	0,804	0,844	0,877	0,905	0,927	0,945	0,959	0,970	0,978
17	0,168	0,331	0,484	0,624	0,744	0,839	0,876	0,906	0,930	0,949	0,963	0,974	0,982	0,987
18	0,178	0,350	0,511	0,657	0,779	0,870	0,904	0,931	0,951	0,966	0,977	0,984	0,989	0,993
19	0,188	0,369	0,538	0,689	0,811	0,898	0,928	0,951	0,967	0,978	0,986	0,991	0,994	0,996
20	0,198	0,388	0,565	0,720	0,841	0,922	0,948	0,966	0,978	0,986	0,992	0,995	0,997	0,998
21	0,207	0,407	0,592	0,750	0,869	0,941	0,963	0,977	0,986	0,992	0,995	0,997	0,998	0,999
22	0,217	0,426	0,618	0,779	0,893	0,957	0,975	0,985	0,992	0,995	0,998	0,999	0,999	1,000
23	0,227	0,445	0,644	0,806	0,915	0,970	0,983	0,991	0,995	0,998	0,999	0,999	1,000	
24	0,237	0,464	0,669	0,832	0,934	0,980	0,989	0,995	0,997	0,999	0,999	1,000		

 $\alpha(\rho) = 11$

n/ K _s (p _i , +p _j)	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
1	0,009	0,018	0,027	0,035	0,043	0,052	0,056	0,060	0,064	0,068	0,072	0,076	0,079	0,083
2	0,018	0,036	0,053	0,070	0,087	0,103	0,111	0,119	0,127	0,135	0,143	0,150	0,158	0,166
3	0,027	0,054	0,080	0,105	0,130	0,154	0,166	0,178	0,190	0,201	0,213	0,224	0,235	0,246
4	0,036	0,071	0,106	0,140	0,173	0,205	0,221	0,236	0,252	0,267	0,282	0,297	0,311	0,325
5	0,045	0,089	0,132	0,174	0,216	0,255	0,275	0,294	0,313	0,332	0,350	0,368	0,385	0,403
6	0,054	0,107	0,159	0,209	0,258	0,305	0,328	0,351	0,373	0,395	0,416	0,437	0,457	0,477
7	0,063	0,125	0,185	0,243	0,300	0,355	0,381	0,407	0,432	0,457	0,481	0,504	0,527	0,549
8	0,072	0,143	0,211	0,278	0,342	0,403	0,433	0,462	0,490	0,517	0,544	0,569	0,594	0,617
9	0,081	0,160	0,237	0,312	0,383	0,451	0,484	0,516	0,546	0,576	0,604	0,631	0,657	0,681
10	0,090	0,178	0,263	0,346	0,424	0,499	0,534	0,568	0,600	0,631	0,661	0,689	0,716	0,740
11	0,099	0,196	0,289	0,379	0,465	0,546	0,582	0,618	0,652	0,685	0,715	0,743	0,770	0,794
12	0,108	0,213	0,315	0,413	0,505	0,590	0,629	0,667	0,702	0,735	0,765	0,793	0,818	0,841
13	0,117	0,231	0,341	0,446	0,544	0,634	0,675	0,713	0,748	0,781	0,810	0,837	0,861	0,881
14	0,126	0,249	0,367	0,479	0,583	0,676	0,718	0,756	0,791	0,823	0,851	0,875	0,897	0,915
15	0,135	0,266	0,393	0,511	0,620	0,716	0,758	0,797	0,831	0,860	0,886	0,908	0,926	0,941
16	0,144	0,284	0,418	0,544	0,657	0,755	0,796	0,833	0,866	0,893	0,916	0,934	0,949	0,961
17	0,153	0,302	0,443	0,575	0,693	0,791	0,832	0,867	0,896	0,920	0,940	0,955	0,967	0,975
18	0,162	0,319	0,469	0,606	0,727	0,824	0,863	0,896	0,922	0,943	0,958	0,970	0,979	0,985
19	0,171	0,337	0,494	0,637	0,760	0,855	0,891	0,921	0,943	0,960	0,972	0,981	0,987	0,992
20	0,180	0,354	0,519	0,667	0,791	0,883	0,916	0,941	0,960	0,973	0,982	0,989	0,993	0,995
21	0,189	0,372	0,543	0,696	0,820	0,907	0,937	0,958	0,973	0,983	0,989	0,993	0,996	0,998
22	0,198	0,389	0,568	0,725	0,848	0,928	0,953	0,971	0,982	0,989	0,994	0,996	0,998	0,999
23	0,207	0,406	0,592	0,752	0,873	0,946	0,967	0,980	0,989	0,994	0,996	0,998	0,999	0,999
24	0,216	0,424	0,616	0,779	0,896	0,960	0,977	0,987	0,993	0,996	0,998	0,999	0,999	0,999

$\alpha(\rho) = 12$

n/ K _s (p _i , +p _j)	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
1	0,008	0,016	0,024	0,032	0,040	0,048	0,051	0,055	0,059	0,063	0,066	0,070	0,073	0,077
2	0,017	0,033	0,049	0,064	0,080	0,095	0,102	0,110	0,117	0,125	0,132	0,139	0,146	0,153
3	0,025	0,049	0,073	0,097	0,120	0,142	0,153	0,164	0,175	0,186	0,197	0,207	0,218	0,228
4	0,033	0,066	0,097	0,129	0,159	0,189	0,204	0,218	0,233	0,247	0,261	0,275	0,288	0,302
5	0,041	0,082	0,122	0,161	0,199	0,236	0,254	0,272	0,289	0,307	0,324	0,341	0,357	0,374
6	0,050	0,098	0,146	0,192	0,238	0,282	0,303	0,325	0,345	0,366	0,386	0,406	0,425	0,444
7	0,058	0,115	0,170	0,224	0,277	0,328	0,352	0,377	0,401	0,424	0,447	0,469	0,491	0,512
8	0,066	0,131	0,194	0,256	0,315	0,373	0,401	0,428	0,455	0,481	0,506	0,531	0,554	0,577
9	0,074	0,147	0,218	0,287	0,354	0,418	0,449	0,479	0,508	0,536	0,563	0,590	0,615	0,640
10	0,083	0,163	0,242	0,319	0,392	0,462	0,496	0,528	0,559	0,590	0,619	0,646	0,673	0,698
11	0,091	0,180	0,266	0,350	0,430	0,506	0,542	0,576	0,609	0,641	0,671	0,700	0,727	0,752
12	0,099	0,196	0,290	0,381	0,467	0,548	0,586	0,623	0,658	0,690	0,721	0,750	0,777	0,801
13	0,107	0,212	0,314	0,412	0,504	0,590	0,630	0,668	0,704	0,737	0,768	0,796	0,822	0,845
14	0,116	0,229	0,338	0,442	0,541	0,631	0,672	0,711	0,747	0,780	0,810	0,837	0,861	0,883
15	0,124	0,245	0,362	0,473	0,576	0,670	0,712	0,752	0,787	0,820	0,848	0,874	0,896	0,914
16	0,132	0,261	0,385	0,503	0,611	0,708	0,751	0,790	0,825	0,855	0,882	0,905	0,924	0,940
17	0,140	0,277	0,409	0,533	0,646	0,744	0,787	0,825	0,858	0,887	0,911	0,930	0,946	0,959
18	0,149	0,293	0,432	0,562	0,679	0,779	0,821	0,857	0,888	0,914	0,935	0,951	0,964	0,973
19	0,157	0,309	0,455	0,591	0,712	0,811	0,852	0,886	0,914	0,936	0,954	0,967	0,976	0,984
20	0,165	0,326	0,479	0,620	0,743	0,841	0,880	0,911	0,936	0,954	0,968	0,978	0,985	0,990
21	0,173	0,342	0,502	0,648	0,773	0,869	0,904	0,932	0,953	0,968	0,979	0,986	0,991	0,994
22	0,182	0,358	0,525	0,676	0,801	0,893	0,926	0,950	0,967	0,979	0,987	0,992	0,995	0,997
23	0,190	0,374	0,547	0,703	0,828	0,915	0,944	0,964	0,978	0,986	0,992	0,995	0,997	0,998
24	0,198	0,390	0,570	0,729	0,854	0,934	0,958	0,975	0,985	0,992	0,995	0,997	0,999	0,999

 $\alpha(\rho) = 13$

n/ K _s (p _i , +p _j)	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
1	0,008	0,015	0,023	0,030	0,037	0,044	0,048	0,051	0,055	0,058	0,061	0,065	0,068	0,071
2	0,015	0,030	0,045	0,060	0,074	0,088	0,095	0,102	0,109	0,116	0,122	0,129	0,136	0,142
3	0,023	0,045	0,068	0,089	0,111	0,132	0,142	0,152	0,163	0,173	0,183	0,193	0,202	0,212
4	0,031	0,061	0,090	0,119	0,147	0,175	0,189	0,203	0,216	0,229	0,242	0,255	0,268	0,281
5	0,038	0,076	0,113	0,149	0,184	0,219	0,236	0,252	0,269	0,285	0,301	0,317	0,333	0,348
6	0,046	0,091	0,135	0,178	0,220	0,262	0,282	0,302	0,321	0,341	0,360	0,378	0,397	0,415
7	0,053	0,106	0,157	0,208	0,257	0,304	0,328	0,351	0,373	0,395	0,417	0,438	0,459	0,479
8	0,061	0,121	0,180	0,237	0,293	0,347	0,373	0,399	0,424	0,449	0,473	0,496	0,519	0,542
9	0,069	0,136	0,202	0,266	0,329	0,389	0,418	0,446	0,474	0,501	0,527	0,553	0,578	0,602
10	0,076	0,151	0,224	0,295	0,364	0,430	0,462	0,493	0,523	0,552	0,580	0,608	0,634	0,659
11	0,084	0,166	0,247	0,325	0,400	0,471	0,506	0,539	0,571	0,602	0,632	0,660	0,687	0,713
12	0,092	0,181	0,269	0,353	0,435	0,512	0,548	0,584	0,617	0,650	0,680	0,710	0,737	0,763
13	0,099	0,196	0,291	0,382	0,469	0,551	0,590	0,627	0,662	0,695	0,727	0,756	0,783	0,808
14	0,107	0,211	0,313	0,411	0,504	0,590	0,631	0,669	0,705	0,739	0,770	0,799	0,825	0,849
15	0,114	0,226	0,335	0,439	0,538	0,628	0,670	0,709	0,746	0,779	0,810	0,838	0,862	0,884
16	0,122	0,241	0,357	0,468	0,571	0,665	0,708	0,748	0,784	0,817	0,846	0,872	0,895	0,914
17	0,130	0,256	0,379	0,496	0,604	0,701	0,744	0,784	0,820	0,851	0,879	0,902	0,922	0,938
18	0,137	0,271	0,401	0,523	0,636	0,735	0,779	0,818	0,852	0,882	0,906	0,927	0,944	0,957
19	0,145	0,286	0,423	0,551	0,668	0,768	0,811	0,849	0,881	0,908	0,930	0,948	0,961	0,972
20	0,152	0,301	0,444	0,578	0,698	0,799	0,841	0,877	0,907	0,930	0,949	0,963	0,974	0,982
21	0,160	0,316	0,466	0,605	0,728	0,828	0,869	0,902	0,928	0,949	0,964	0,975	0,983	0,989
22	0,168	0,331	0,487	0,631	0,757	0,855	0,893	0,923	0,947	0,964	0,976	0,984	0,990	0,993
23	0,175	0,346	0,509	0,658	0,784	0,880	0,915	0,942	0,961	0,975	0,984	0,990	0,994	0,996
24	0,183	0,361	0,530	0,683	0,811	0,902	0,934	0,957	0,973	0,983	0,990	0,994	0,997	0,998

$\alpha(\rho) = 14$

n/ K _s (p _i , -p _i)	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
1	0,007	0,014	0,021	0,028	0,034	0,041	0,044	0,048	0,051	0,054	0,057	0,060	0,064	0,067
2	0,014	0,028	0,042	0,056	0,069	0,082	0,089	0,095	0,101	0,108	0,114	0,120	0,127	0,133
3	0,021	0,042	0,063	0,083	0,103	0,123	0,133	0,142	0,152	0,161	0,171	0,180	0,189	0,198
4	0,028	0,056	0,084	0,111	0,137	0,163	0,176	0,189	0,202	0,214	0,226	0,239	0,251	0,263
5	0,035	0,070	0,105	0,138	0,172	0,204	0,220	0,236	0,251	0,267	0,282	0,297	0,312	0,326
6	0,043	0,084	0,126	0,166	0,205	0,244	0,263	0,282	0,300	0,319	0,337	0,354	0,372	0,389
7	0,050	0,098	0,146	0,193	0,239	0,284	0,306	0,328	0,349	0,370	0,390	0,411	0,431	0,450
8	0,057	0,113	0,167	0,221	0,273	0,324	0,349	0,373	0,397	0,420	0,443	0,466	0,488	0,510
9	0,064	0,127	0,188	0,248	0,307	0,363	0,391	0,418	0,444	0,470	0,495	0,520	0,544	0,567
10	0,071	0,141	0,209	0,275	0,340	0,402	0,433	0,462	0,491	0,519	0,546	0,573	0,598	0,623
11	0,078	0,155	0,230	0,303	0,373	0,441	0,474	0,506	0,536	0,566	0,595	0,623	0,650	0,676
12	0,085	0,169	0,250	0,330	0,406	0,479	0,514	0,548	0,581	0,613	0,643	0,672	0,699	0,725
13	0,092	0,183	0,271	0,357	0,439	0,517	0,554	0,590	0,624	0,657	0,689	0,718	0,746	0,772
14	0,099	0,197	0,292	0,383	0,471	0,554	0,593	0,631	0,666	0,700	0,732	0,761	0,789	0,814
15	0,106	0,211	0,312	0,410	0,503	0,590	0,631	0,670	0,707	0,741	0,773	0,802	0,828	0,852
16	0,113	0,225	0,333	0,437	0,535	0,626	0,668	0,708	0,745	0,779	0,810	0,838	0,863	0,885
17	0,120	0,238	0,353	0,463	0,566	0,661	0,704	0,744	0,781	0,815	0,845	0,871	0,894	0,914
18	0,128	0,252	0,374	0,489	0,597	0,695	0,738	0,779	0,815	0,847	0,876	0,900	0,920	0,937
19	0,135	0,266	0,394	0,515	0,627	0,727	0,771	0,811	0,846	0,877	0,903	0,924	0,942	0,956
20	0,142	0,280	0,414	0,541	0,657	0,759	0,802	0,841	0,875	0,903	0,926	0,944	0,959	0,970
21	0,149	0,294	0,434	0,567	0,686	0,789	0,831	0,869	0,900	0,925	0,945	0,960	0,972	0,980
22	0,156	0,308	0,455	0,592	0,715	0,817	0,858	0,893	0,922	0,944	0,960	0,973	0,982	0,988
23	0,163	0,322	0,475	0,617	0,742	0,843	0,883	0,915	0,940	0,959	0,972	0,982	0,988	0,993
24	0,170	0,336	0,495	0,642	0,769	0,868	0,905	0,934	0,956	0,971	0,981	0,988	0,993	0,996

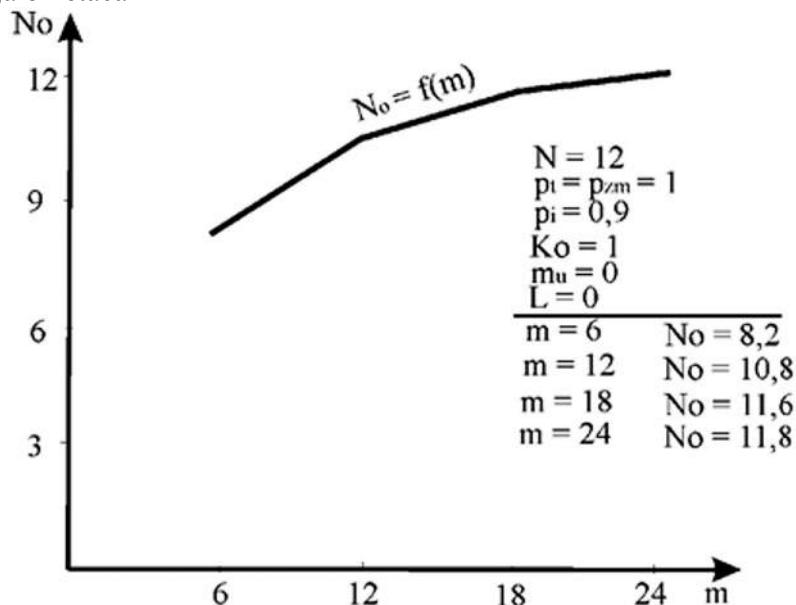
 $\alpha(\rho) = 15$

n/ K _s (p _i , -p _i)	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
1	0,007	0,013	0,020	0,026	0,032	0,038	0,042	0,045	0,048	0,051	0,054	0,057	0,060	0,063
2	0,013	0,026	0,039	0,052	0,064	0,077	0,083	0,089	0,095	0,101	0,107	0,113	0,119	0,125
3	0,020	0,039	0,059	0,078	0,097	0,115	0,124	0,133	0,142	0,151	0,160	0,169	0,177	0,186
4	0,026	0,053	0,078	0,104	0,129	0,153	0,165	0,177	0,189	0,201	0,212	0,224	0,235	0,247
5	0,033	0,066	0,098	0,129	0,161	0,191	0,206	0,221	0,236	0,250	0,265	0,279	0,293	0,307
6	0,040	0,079	0,117	0,155	0,192	0,229	0,247	0,264	0,282	0,299	0,316	0,333	0,350	0,366
7	0,046	0,092	0,137	0,181	0,224	0,266	0,287	0,308	0,328	0,348	0,367	0,386	0,405	0,424
8	0,053	0,105	0,156	0,207	0,256	0,304	0,327	0,350	0,373	0,395	0,417	0,439	0,460	0,481
9	0,060	0,118	0,176	0,232	0,287	0,341	0,367	0,393	0,418	0,443	0,467	0,490	0,514	0,536
10	0,066	0,131	0,195	0,258	0,319	0,378	0,406	0,434	0,462	0,489	0,515	0,541	0,566	0,590
11	0,073	0,144	0,215	0,283	0,350	0,414	0,445	0,476	0,506	0,534	0,563	0,590	0,616	0,641
12	0,079	0,158	0,234	0,309	0,381	0,450	0,484	0,517	0,548	0,579	0,609	0,637	0,664	0,690
13	0,086	0,171	0,253	0,334	0,412	0,485	0,522	0,567	0,590	0,622	0,653	0,682	0,710	0,737
14	0,093	0,184	0,273	0,359	0,442	0,521	0,559	0,596	0,631	0,664	0,696	0,726	0,754	0,780
15	0,099	0,197	0,292	0,384	0,473	0,556	0,596	0,634	0,670	0,704	0,736	0,766	0,794	0,820
16	0,106	0,210	0,311	0,409	0,503	0,591	0,632	0,671	0,708	0,743	0,775	0,804	0,831	0,855
17	0,112	0,223	0,331	0,434	0,533	0,624	0,667	0,707	0,744	0,779	0,810	0,839	0,864	0,887
18	0,119	0,236	0,350	0,459	0,562	0,657	0,701	0,741	0,779	0,813	0,843	0,870	0,894	0,914
19	0,126	0,249	0,369	0,484	0,591	0,689	0,733	0,774	0,811	0,844	0,873	0,898	0,919	0,936
20	0,132	0,262	0,388	0,508	0,620	0,720	0,765	0,805	0,841	0,872	0,899	0,922	0,940	0,954
21	0,139	0,275	0,407	0,532	0,648	0,750	0,795	0,834	0,869	0,898	0,922	0,941	0,957	0,968
22	0,146	0,288	0,426	0,556	0,676	0,779	0,823	0,861	0,893	0,920	0,941	0,957	0,970	0,979
23	0,152	0,301	0,445	0,580	0,703	0,806	0,849	0,885	0,915	0,939	0,957	0,970	0,980	0,986
24	0,159	0,314	0,464	0,604	0,729	0,832	0,873	0,907	0,934	0,954	0,969	0,980	0,987	0,992

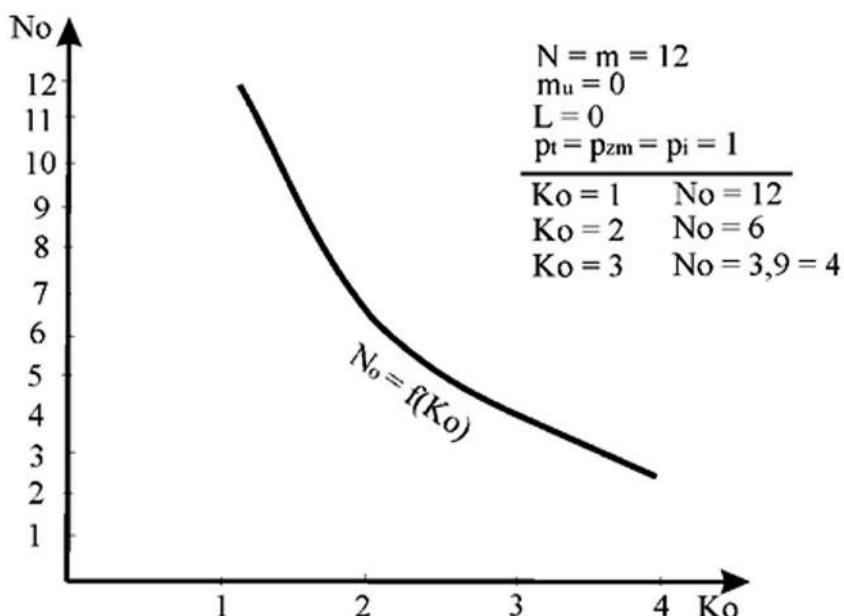
Prilog br. 14

ZAVISNOST BROJA OMETANIH RADIO VEZA

a) od broja ometača



b) od koeficijenta ometanja



Prilog br. 15

PREGLED OBJEKATA RIK KOJI PODLEŽU EI, PEBD I PED U ZONI DIVIZIJE (msd)

Naziv objekata (elementata) Rik	Broj objekata u zoni dejstva	Udaljenje objekata u km od p/k	Površina objekata u ha	Potrebna sredstva za uništenje				Uništavaju se (ometaju) sredstvima		
				Art. gran.	Rakete sa N. gl.	Rakete sa kaset. gl.	LBA	Borb. helik.	puka	div.
OBJEKTI KOJI PODLEŽU UNIŠTAVANJU (PEBD)										
Osnovna KM div.	1	25-30	100		1	8-10	6-8	8-10		1
Isturena KM div. i KM brigada	3	8-12	4-6	350-450		2-3	2-3	4-6		3
Centar za vazd. podršku	1	20-30	2-6		1-2	2	2	3-4		1
PKM brig. KM bat.	7-9	3-6	1,5-2	200-300				7-9		
VON i KM art. div.	4-6	4-8	1,5-2	200-300	1	1-2	2	3-4		4-6
Čvoriste veze div.	3-4	8-10	1,5-2			1-2	2	3-4		3-4
Radari za up. art.	2-4	4-6	tač. cilj	200-250				1-2		2-4
KM jed. za izv. i REB	5-6	2-4	1,5-2	200-250				1-2	2-3	3
SVEGA OBJEKATA	26-34				2	14-17	14-17	25-30	9-12	15-17
OBJEKTI KOJI PODLEŽU OMETANJU (PED)										
Radio-veze VVF/UVF		32-36							32-36	
Radio-veze VF		10-11							10-11	
Radio-relejne veze		12-16							8-10	4-6
SVEGA RADIO-VEZA	54-63								40-46	14-17

Prilog br. 16

PREGLED OBJEKATA RIK KOJI PODLEŽU EI, PEBD, I PED U ZONI ARMije

Naziv objekata (elementata) Rik	Broj objekata u zoni armije	Ko dejstvuje po njima		
		Pukovi	Divizije	Armija
OBJEKTI KOJI PODLEŽU UNIŠTAVANJU (PEBD)				
KM armijskih korpusa	2-3			2-3
KM raketnih diviziona „Z-Z“	5-8			5-8
Centri za vazduhoplovnu podršku	1-3			1-3
KM raketnih diviziona PVO	1-2			1-2
KM divizija	6-7			6-7
IKM taktičke avijacije	3		3	
KM divizijske artiljerije	8-10			8-10
Čvoriste veze divizije i poljske artiljerije	20-24		10-12	6-8
KM brigade (I položaja)	6-8		2-4	4-5
KM bataljona (I položaja)	15-20		15-20	
Radarske stanice PVO i druge namene	18-20		18-20	
SVEGA OBJEKATA	85-108	45-56	27-33	13-22
OBJEKTI KOJI PODLEŽU OMETANJU (PED)				
Radio-veze VVF/UVF	60-75		60-75	
Radio-veze VF	25-30			25-30
Radio-relejne veze	30-35		30-35	
SVEGA RADIO-VEZA	115-140		90-110	25-30

Prilog br. 17

OSNOVNI ZADACI PEB U KoV SAD

NAMENA RADIO-VEZE	UDALJENOST RADIO-SREDSTAVA OD p/k (km)								
	I ešelon						II ešelon		Preko 100
	0–3	3–6	6–9	9–15	15–20	20–30	30–50	50–100	
Rukovođenje i komandovanje jedinicama	O	O/L	O/L	P/L	P/L	P	P	P	P
Komandovanje zemaljskom artiljerijom	O	O/L	O/L	O/L	L	L	L	L	L
Komandovanje raketnim jedinicama „Z-Z“				L	L	L	L	L	L
Komandovanje trupnom PVO	O/L	O/L	O/L	O/L	L	L	L	L	L
Javljanje i obaveštavanje (predaja podataka izviđanja)	O	O	O	O/L	P	P	P	P	P
Upravljanje elektr. ometanjem	L	L	L	L					
Komandovanje inž. jedinicama	L	L	L	L	L	P	P	P	P
Upravljanje neposrednom avio podrškom	O	O	O	O					
RiK pozadinskim jedinicama (logistika)	O	O	O	O	P	P	P	P	P

Objašnjenje skraćenica:

- O – elektronsko ometanje,
- L – lociranje (goniometrisanje radi uništenja),
- P – prisluškivanje (priključivanje obaveštajnih podataka).

Prilog br. 18

PREKIDI RADIO-VEZA ZBOG NUKLEARNE EKSPLOZIJE

Oblast „N“	Vrsta prostiranja radio-talasa	Frekventni opsezi	Izvor prekida	Procenjeno trajanje prekida
Blizu površine zemlje	Direktni talas (u granicama optičke vidljivosti)	VVF, UVF, SVF	Prašina/vatrena lopata	Nekoliko sekundi do nekoliko minuta
Blizu površine zemlje	Preko satelita – relaja	UVF, SVF	Prašina/vatrena lopata	Nekoliko sekundi do nekoliko desetina sekundi
Mala visina	Troposfersko (troposketer)	UVF, SVF	Prašina/vatrena lopata	Nekoliko sekundi do nekoliko desetina sekundi
Mala visina	VF površinski i prostorni talas (preko jonosfere)	VF, VVF	Vatrena lopata	Zanemarljivo do nekoliko sekundi
Mala visina	Preko satelita – relaja	UVF, SVF	Prašina/vatrena lopata	Nekoliko sekundi do nekoliko desetina sekundi
Velika visina	Troposfersko (troposketer)	UVF	Ionizovana oblast	Nekoliko sekundi do nekoliko minuta
Velika visina	VF prostorni talas	VF	Ionizovana oblast	Nekoliko minuta do više časova
Velika visina	Preko satelita – relaja	UVF, SVF	Ionizovana oblast	Nekoliko minuta do 1 časa

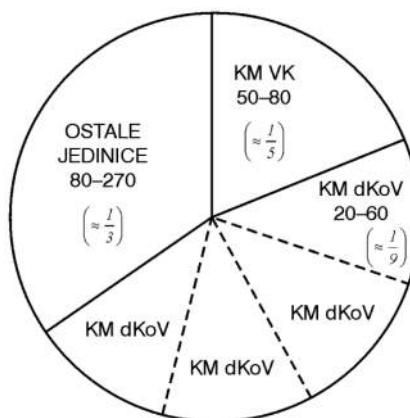
Prilog br. 19

KOLIČINA INFORMACIJA NA KOMANDNOM MESTU ARMIJE U TOKU 24 ČASA

a) Količina pisanih informacija

(200 do 400 stranica A4)

Opterećenje telegrafskog saobraćaja $\alpha \leq 10$
u času najvećeg opterećenja

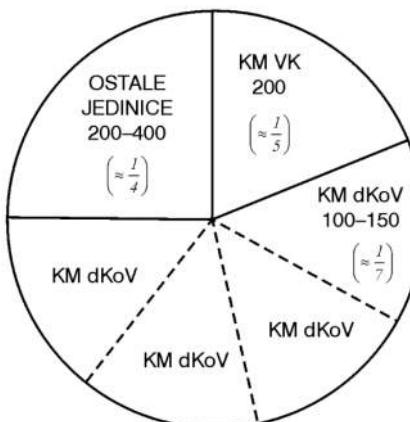


Srednje opterećenje telegrafskog saobraćaja $\alpha = 3 \div 5$

b) Količina govornih informacija

(750 do 1000 prosečnih razgovora)

Opterećenje telefonskog saobraćaja $\alpha \leq 6$
u času najvećeg opterećenja



Srednje opterećenje telefonskog saobraćaja $\alpha = 2$

Prilog br. 20

PROCENA EFIKASNOSTI RADA RADIO-VEZA VF OPSEGА

PROCENA IZVIBANJA (otkrivanja)				PROCENA GONIOMETRISANJA				PROCENA OMETANJA				PROCENA UNIŠTAVANJA				EFIKASNOST SFERA ZA PPE		PROCENA RADA RADIO-VEZA	
D _i (km)	P _i	N _i (RMr) %	D _g (km)	P _g	N _g (RSI) %	D _o (km)	P _{om}	N _o (RMr) %	D _u (km)	P _u	N _u (RC) %	K _s	E _K						
80 100 RM _r	0,8 (i = 2)	73 73/29	80 500 RS _I	0,7 (g = 1,5)	255 51/20	40 50 RM _r	0,4 (m = 1)	24 48/10	0,4 200 70 RC	0,4 (u - 1) 0,7 (u = 2)	4 6% (m = u - 1) 9 13% (m - u - 2)	0,64 (m = u - 1) 0,91 (m - u - 2)	0,36	0,27					

NAPOMENA:

U zoni ima 250 Rv VF, veza se održava u 1 kanalu (n = 1), u RM_r ima prosečno 5 učesnika (N_s=5), $\alpha = \rho = * \rho = 1$, p_m=0,7, a po RC deluje protivnik eskadriлом aviona (u=14). Izražavanje procenata u vidu razlomka u odnosu na D_i, D_g i D_o kroz % u odnosu na ukupan broj sredstava u zoni.

Prilog br. 21

PREGLED KOEFICIJENATA OMETANJA

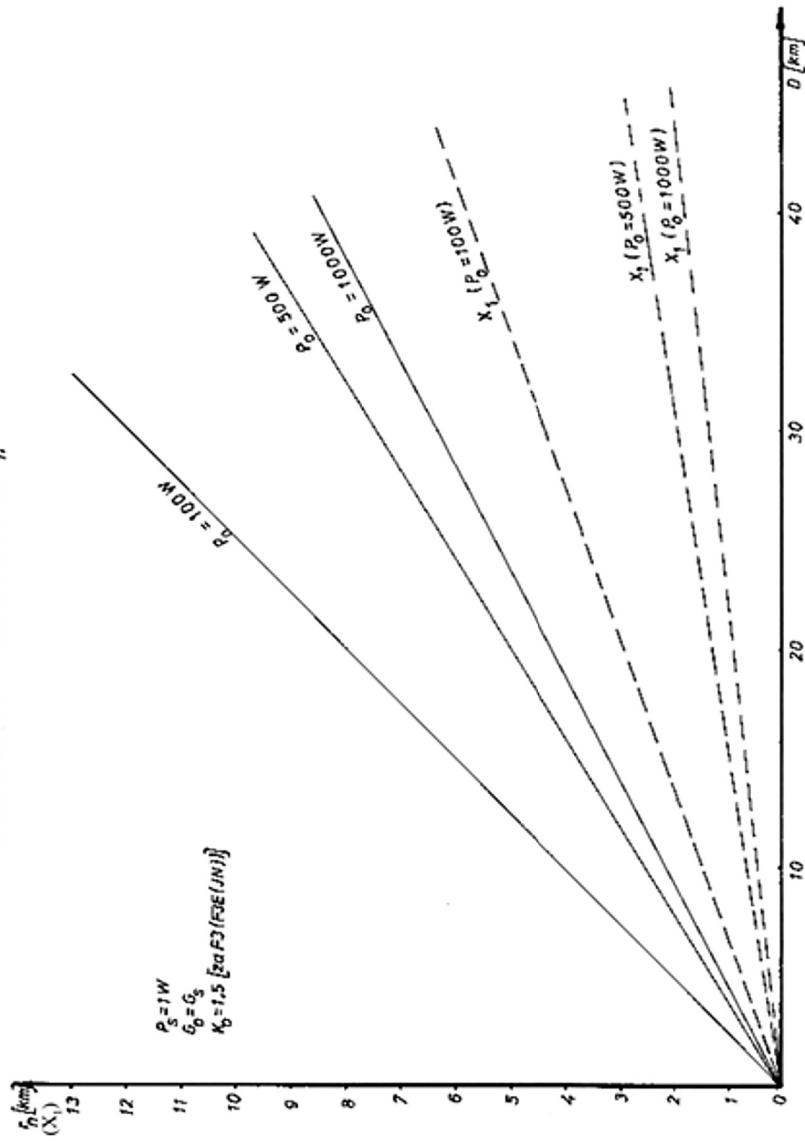
Potreban K_o ili J/S na mestu prijema za efikasno ometanje u VF opsegu

Red. broj	Vrsta modulacije u prenosu	Vrsta modulacije ometačkog signala	J/S dB	Efikasnost ometanja	Koeficijent ometanja (K_o)
1.	A1A	Elektronska muzika	+ 10	BER = 50%	3,1
2.	A3E bez kompresije	šum	- 8	nerazumljivost 80%	0,4
		Elektronska muzika	-13		0,2
	J3E bez kompresije	šum	+ 3		1,4
		Elektronska muzika	- 3		0,7
3.	F1B	šum	+ 6	nerazumljivost 80%	2
		Elektronska muzika	+ 1		1,1
4.		Elektronska muzika	- 12 do - 6	BER = 10^{-1}	0,25 – 0,5

Potreban K_o ili J/S na mestu prijema za efikasno ometanje u VVF i UVF opsegu

Red. broj	Vrsta modulacije u prenosu	Vrsta modulacije ometačkog signala	J/S dB	Efikasnost ometanja	Koeficijent ometanja (K_o)
1.	– AM (A3E) – dubina modul. 100% – din. kompr. 6 dB	FM elektronska muzika	0	80%	1
		AM šum	+ 5	80%	1,7
2.	– AM (A3E ili J3E) – dubina modul. 100% – bez din. kompr.	FM elektronska muzika	- 2	80%	0,8
		AM šum	+ 3	80%	1,4
3.	FM max. frekv. devijacija (F3E)	FM elektronska muzika	+ 3 do + 8 (zavisno od karakterist. prijemnika)	80%	1,4 – 2,5
4.	Telegrafija ili prenos podataka (F1B)	FM elektronska muzika	- 12 do - 6 (zavisno od vrste prenosa i karakterist. prijemnika)	BER = 10^{-1}	0,25 – 0,5
5.	RRv sa FDM (F8E)	šum i dr.	do + 3	80%	1,2 – 1,5
6.	RRv sa TDM (M7E)	šum i dr.	+ 6 i više	BER = 10^{-1}	2 i više

D I J A G R A M
ZA IZRAČUNAVANJE ZONE NEOMETANJA (r_h)



PVO

Mogući gubici protivnika (N_u)

A	PVO
N	n

A	PVO	$\alpha = \lambda \cdot t_g$	p_{gu} $(\alpha=2, n=2)$	p_{ot} $(\alpha_* = 0,25, n=2)$	p_m		n_u	L	N_u	
					1m	2m			1m	2m
12	6	2	0,6	0,9	0,7	0,9	0	0	2,5	3,4
12	12	2	0,6	0,9	0,7	0,9	0	0	4,5	5,8
12	18	2	0,8 (n=3)	0,9	0,7	0,9	0	0	7,7	9,4
12	24	2	0,9 (n=4)	0,9	0,7	0,9	0	0	9,7	11
12	10	2	0,6	0,9	0,7	0,9	2	0		4,1
12	8	2	0,6	0,9	0,7	0,9	4	0		2,5
12	6	2	0,6	0,9	0,7	0,9	6	0		1,1
12	12	2	0,6	0,9	0,7	0,9	0	0		5,8
12	12	2	0,6	0,9	0,7	0,9		12		3,3
12	12	2	0,6	0,9	0,7	0,9		24		2,4
12	12	2	0,6	0,9	0,7	0,9	36			1,8

λ – četiri aviona u naletu u minutu, u zoni efikasnog dejstva raketnog sistema

t_g – 0,5 minuta

m – broj raketa

Prilog br. 24

PVO

Uticaj ometanja na N_u

N	n	$\rho = \frac{t_p}{t_s}$	p_i (i=1)	p_{om}		K_s	p_{gu} ($\alpha=2$, $n=2$)	p_{ot} ($\alpha_{*}=0,25$, $n=1$)	p_m	m	n_u	n_o	N_u
				1m	2m								
12	12	1	0	0	0	1	0,6	0,8	0,9	0	0	0	5,2
12	12	1	0,5	0,33		0,67	0,4	0,7	0,9	12/6	0	4/2	3
12	10	1	0,5	0,33		0,67	0,4	0,7	0,9	12/6	2	4/2	2,1
12	10	1	0,5	0,33		0,6	0,4	0,3	0,6	0,9	6	2	4,3
													1,3

$t_p = t_s$ m - broj ometača

Procena PAT i PAR

N	n	PAT		PAR	p_{gu}	p_{ot}	p_m	n_u	N_u	Broj projektila
		$\alpha = \frac{N}{t_g}$	$\alpha = N \cdot t_g$							
6	12	1		1	1	0,1	0	1	1	2160
12	18	2		1	1	0,1	0	2	3240	
12	14	2		1	1	0,1	4	1	2520	
4	8		12	0,58	1	0,5	0	2		
4	6		12	0,44	1	0,5	0	1		

PAT 20/3 30p/s $t_g=6s$

PAR $t_g=3s$

POB

Tenkovska jedinica je u napadu

rastojanje između tenkova 50-100 m
daljine dejstva od 500 do 3000 m

Mogući vlastiti gubici (N_u) od PO raketa

TENK PO

N	n	$\rho = \frac{t_{op}}{t_g}$	p_i	$p_{u_{n=1}}$	p_m $m=1$	N_u	n_u	N_u
5	10	0,3	0,7	0,7	0,8	4	2	30%
10	10	0,3	0,7	0,7	0,8	5,6	2	30%
20	10	0,3	0,7	0,7	0,8	6,7	2	30%
30	10	0,3	0,7	0,7	0,8	7,2	2	30%

$t_{op} = 15\text{-}60 \text{ s}$ $t_g = 1\text{-}3 \text{ min}$

Mogući gubici protivnika (n_u)

N	n	$\alpha = \frac{t_{opt}}{t_{gt}}$	p_{it}	$p_{ut_{N=1}}$	p_{mt}	n_u	N_u	n_u
10	10	1	0,5	0,33	0,5	1,7	20%	20%
20	10	1	0,5	0,6 (N=2)	0,5	5	2	1
30	10	1	0,5	0,79 (N=3)	0,5	8	4	3,4
40	10	1	0,5	0,9 (N=4)	0,5	9	6	5,8

$t_{opt} = 7\text{-}10 \text{ s}$ $t_{gt} = t_{opt}$
 $p_i, p_{it} \text{ i } p_{mt}$ – prepostavljene (statističke) vrednosti

ARTILJERIJA

daljina dejstva do 10 km

Mogući broj uništenih ciljeva (N_u)

CILJ	TOP
N	n

		$\alpha = t_g \cdot t_{op}$	p_i	p_u	p_m	n_u	N_u
12	12	0,3–3	0,2–1	1 (0,7)	0,2	0	2,4 (1,7)
12	12	0,3–3	0,2–1	1 (0,7)	0,3	0	3,5 (2,5)
18	12	0,3–3	0,2–1	1 (0,7)	0,2	0	2,4 (1,7)
24	12	0,3–3	0,2–1	1 (0,7)	0,2	0	2,5 (1,8)
24	18	0,3–3	0,2–1	1 (0,9)	0,2 (0,3)	0	3,7 (5,6)
18	18	0,3–3	0,2–1	1 (0,9)	0,2 (0,3)	0	3,6 (5,4)
12	18	0,3–3	0,2–1	1 (0,9)	0,2	0	3,4
6	18	0,3–3	0,2–1	1 (0,9)	0,2	0	3
3	18	0,3–3	0,2–1	1 (0,9)	0,2	0	2

t_g – zavisi od vrste cilja i potrebnog broja projektila za njegovo neutralisanje/uništenje; vrednosti od 3 do 10 minuta
 t_{op} – tehnički parametar ali i obučenost posluge; u ovim primerima od 6 do 20 s.
 p_i i p_m – pretpostavljene (statističke) vrednosti

OČEKIVANI REZULTATI DEJSTAVA

$$M = N \left[1 - \left(1 - e^{-\frac{n_u}{n}} p_{1,2,\dots} \right)^{\frac{n}{N+L}} \right]$$

M – očekivani (matematički) rezultati

N – sredstva na koja se dejstvuje (borbena i neborbena tehnika i ljudi)

n – sredstva sa kojima se dejstvuje

n_u – uništena sredstva ili sredstva koja ne mogu dejstvovati

L – lažna sredstva na koja se dejstvuje

$p_{1,2,\dots}$ – verovatnoće koje imaju krucijalan uticaj na M (računaju se putem TMO ili statistički)

FORMULA TMO (SMO)

$$p_{op} = 1 - \frac{\frac{\alpha^n}{n!} \cdot \frac{1}{K_s^n}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} \cdot \frac{1}{K_s^k}}$$

p_{op} – verovatnoća opsluživanja (verovatnoća da će se realizovati određena dejstva)

n – broj kanala opsluživanja (može biti jednako sa n u formuli za matematičko očekivanje ili manje)

α – parametar vlastitih snaga (računa se na različite načine), ρ – parametar protivnika

K_s – koeficijent spremnosti ili verovatnoća izviđanja – otkrivanja ciljava

(Napomena: u prilagu se nalazi računarski program za izračunavanje ovih formula.)

Knjiga je deponovana u Zavodu za intelektualnu svojinu pod rednim brojem 5274
Kompjuterska obrada teksta i likovno rešenje korica: Saša Šepet

ISBN 978-86-918769-0-6

СИР - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

355.414
623.6

ШЕПЕЦ, Владимира В., 1939-

Metoda efikasnije procene borbene situacije / Vladimir V. Šepet.
- Beograd : Veterani vojno-obaveštajne službe Srbije, 2015 (Beograd :
Topgraf). - 219 str, [48] str. : ilustr. ; 25 cm

Tiraž 100. - Prilozi: str. [1-48]. - Bibliografija uz većinu
poglavlja.

а) Војни системи веза
COBISS.SR-ID 214962956

Knjiga obrađuje matematički model za procenu borbene situacije.

