Dr Vasilije Mišković,
major, dipl. inž.

MODEL SISTEMA SNABDEVANJA MUNICIJOM ARTILJERIJE ZA PODRŠKU

Uvod

Utvrdjivanje mogućnosti i karakteristika funkcionisanja postavljenog sistema bez provođenja eksperimenata na samom sistemu uvek predstavlja problem. Poseban problem predstavljaju sistemi koji funkcionišu u uslovima izrazite neizvesnosti i neodređenosti. Ako je moguće, nakon razvoja sistema, njegovu proveru treba izvršiti pre uvođenja u funkciju, jer je tada moguće utvrditi i karakteristike funkcionisanja i otkloniti nedostatke. Međutim, ako postoji zahtev da razvije ni sistem bez prave provere bude uveden u funkciju i da mora da funkcioniše na zahtevani način, tada je nužno pribеći razvoju modela na kojem ili kojima se vrši provera funkcionisanja sistema i određivanje karakteristika i pokazatelja njegovog funkcionisanja.

Sistem snabdevanja municijom funkcionise u uslovima neodređenosti i neizvesnosti. Razvoj i uspostavljanje ovog sistema vrši se u miru s ciljem da taj sistem funkcionise u ratu. To znači da prave provere sistema pre njegovog uvođenja u funkciju nema. Da bi se, ipak, utvrdile karakteristike funkcionisanja, pribegava se modelovanju. Modeli koji se razvijaju su ra-

zličitog tipa, od fizičkih modela (na različitim vežbama) do modela za simulaciju na računarima.

U ovom radu prikazan je model sistema snabdevanja municijom artiljerije za podršku, koji je razvijen radi određivanja karakteristika i vrednosti pokazatelja funkcionisanja sistema snabdevanja. Prikazani model razvijen je za hipotetički sistem snabdevanja municijom artiljerije za podršku, radi prikaza mogućeg načina razvoja ovog tipa modela.

Opis modela

Proces razvoja modela veoma je teško tačno opisati i formalizovati proceduru kako na osnovu saznanja o sistemu razviti model. To je, u suštini, proces misaone prirode. Zato se češće pribegava opisu samog modela umesto opisu procesa razvoja modela. Model koji se razvija uvek je ciljno orijentisan i predstavlja *sliku* sistema u meri koja je potrebna da bi se ostvario zadani cilj. Zato se ovi modeli nazivaju *sažeti modeli*. Eksperimentalni okvir za izradu ovog modela jeste određivanje karakteristika sistema snabdevanja vezanih za trupni nivo i zahteva angažovanje transportnih kapaciteta u

sistemu snabdevanja. Za određivanje drugih karakteristika i praćenje drugih aktivnosti potrebno je promeniti eksperimentalni okvir, što znači razviti drugi, isto tako sažeti model.

Opis modela, kako je u ovom radu urađen, predlaže se u literaturi [10] i naziva se neformalni opis. Neformalni opis modela jeste opis: komponenti modela, opisnih promenljivih i interakcija među komponentama (slika 1). Komponente modela su delovi od kojih je model sastavljen. Opisne promenljive su sredstvo kojim se opisuju stanja komponenti u posmatranim tačkama vremena. Prema svojim karakteristikama opisne promenljive se razlikuju u odnosu na svoje značenje u modelu. Opisne promenljive iz čijih je vrednosti moguće odrediti sve ostale

promenljive nazivaju se promenljive stanja. Pored promenljivih stanja razlikuju se i izlazne promenljive. Preko izlaznih promenljivih prate se stanja u modelu. Pod opisnim promenljivim podrazumevaju se i sve konstantne karakteristike sistema. Interakcije među komponentama su pravila pomoću kojih komponente utiču jedna na drugu, menjaju stanja komponenti i uslovljavaju ponašanje modela u vremenu.

Model je razvijen prema sledećem eksperimentalnom okviru: poznat je početni raspored artiljerijskih diviziona za podršku i jedinica za snabdevanje. Divizioni sa svojih vatrenih položaja ostvaruju vatrena dejstva i troše imajuće količine municije. O stanju količina municije dostavljaju izveštaje svojoj pretpostavljenoj komandi. Za divi-

Sl. 1 — Materijalni i informacioni tokovi

ziona iz svog sastava komanda brigade planira naredna dejstva. Na osnovu izveštaja o stanju zaliha municije u divizionu, plana premeštanja vatrenog položaja i prognoze utroška municije nastaje zahtev za popunu prema komandi armije. Na osnovu stanja zaliha municije u divizionu i vremena potrebnog za realizaciju popune sa nivoa armije, komanda brigade može doneti odluku o dopunskoj popuni divizionu iz pozadinske jedinice brigade. Komanda korpusa postupa na isti način kao i komanda brigade, izuzev određenih specifičnosti (ima obavezu prosleđivanja zahteva za popunu od komande brigade komandi armije). Komanda armije za svoje divizione postupa na isti način kao i komande brigade i komande korpusa, s tim da ne ispostavlja nikome zahtev za popunu. Umesto zahteva za popunu, komanda armije dostavlja naređenje za popunu pozadinskoj bazi. Naređenje za popunu, koje se dostavlja pozadinskoj bazi, odnosi se na popunu armijske, korpusne i brigadne artiljerije. Pozadinska baza realizuje osnovnu popunu divizionu. Ako je divizion iz sastava brigade dopunski popunjavan, deo municije iz osnovne popune usmerava se za popunu brigadnog nivoa. Pozadinska jedinica brigade realizuje dopunsku popunu brigadne artiljerije. Ako je dopunska popuna realizovana, pozadinska jedinica brigade prima municiju iz pozadinske baze.

Komponente:

ADP_i — divizioni za podršku ostvaruju utrošak municije na vatrenim položajima i o tome dostavljaju informaciju pretpostavljenoj komandi. Svoje dejstvo ostvaruju bez promene vatrene položaja. Na nove vatrene položaje premeštaju se po odluci pretpostavljene komande.

KDABR_i — komanda brigade prima informaciju o stanju zaliha municije u divizionu. Planira premeštanje divizionu na naredni vatreni položaj. Određuje očekivani utrošak municije i potrebni nivo snabdevenosti divizionu na vatrene položaju. Formira zahtev za popunu koji dostavlja komandi armije. Donosi odluku o dopunskoj popuni divizionu.

KDAK_i — komanda korpusa prima informaciju o stanju zaliha municije u divizionima. Planira premeštanje divizionu na naredni vatreni položaj. Određuje očekivani utrošak municije i potrebni nivo snabdevenosti divizionu na vatrene položaju. Formira zahtev za popunu koji dostavlja komandi armije.

KDAA — komanda armije prima informaciju o stanju zaliha municije u divizionima. Planira premeštanje divizionu na naredni vatreni položaj. Određuje očekivani utrošak municije i potrebni nivo snabdevenosti divizionu na vatrene položaju. Prima i obrađuje zahteve za popunu iz brigade i korpusa. Formira naređenja za popunu koja dostavlja pozadinskoj bazi.

POZB_i — pozadinski bataljon, na osnovu naređenja komande brigade, realizuje dopunsku popunu divizionu. Prima municiju iz pozadinske baze.

POZBAZ — pozadinska baza, na osnovu naređenja za popunu

komande armije, realizuje osnovnu popunu divizionu.

Opisne promenljive

Opis ADP_i:

- UTR_i — promenljiva koja određuje utrošak municije i-tog divizionu na vatrenom položaju,
- STZ_i — promenljiva koja pokazuje stanje zaliha u i-tom divizionu,
- VZAD_i — promenljiva koja određuje vreme dejstva i-tog divizionu bez promene vatrene položaja,
- VPREM_i — određuje vreme premeštanja i-tog divizionu na naredni vatrene položaj,
- VIZV_i — određuje vreme dostavljanja izveštaja o stanju zaliha municije,
- VSAV_i — vreme savijanja i-tog divizionu,
- VRAZ_i — vreme razvijanja i-tog divizionu,
- POM_i — određuje intenzitet upotrebe i-tog divizionu,
- VERT_i — određuje klasu tempa pomeranja dejstvujućih jedinica u odnosu na i-ti divizion prema intenzitetu upotrebe,
- VERU_i — određuje klasu utroška municije za i-ti divizion prema intenzitetu upotrebe i prognozi utroška,
- MANJ_i — prati pojavu nedovoljne količine municije na vatrene položaju,
- VIS_i — prati pojavu da divizion svojim transportom ne može da transportuje sve količine municije prilikom premeštanja na novi vatrene položaj.

Opis KDABR_i:

- PUTRB — određuje prognozu utroška municije na vatrene položaju,
- ONSB — određuje optimalni nivo snabdevenosti divizionu na vatrene položaju,
- ZZPB — određuje količinu municije kojom je potrebno popuniti divizion,
- VRIS — određuje vreme do kada popuna treba da bude realizovana,
- NDP — određuje količinu municije za dopunsku popunu divizionu iz pozadinskog bataljona,
- RVPB — određuje virtuelne zalihe municije,
- VROB — određuje vreme obrade i prenosa informacije do uključno nivoa brigade.

Opis KDAK_i:

- PUTRK_j — određuje prognozu utroška municije za j-ti divizion na vatrene položaju,
- ONSK_j — određuje optimalni nivo snabdevenosti j-tog divizionu na vatrene položaju,
- RVPK_j — određuje virtuelne zalihe municije,
- ZZPK_j — određuje količinu municije kojom je potrebno popuniti j-ti divizion,
- VRISK_j — određuje vreme do kada treba da bude realizovana popuna j-tog divizionu,
- VROK_j — određuje vreme obrade i prenosa informacije do uključno nivoa korpusa od j-tog divizionu,
- VROKB_k — određuje vreme obrade i prenosa informacije do uključno nivoa korpusa od k-te brigade.

Opis KDAA:

- PUTRA_j — određuje prognozu utroška municije za j-ti divizion na vatrenom položaju,
- ONSA_j — određuje optimalni nivo snabdevenosti j-tog divizona na vatrenom položaju,
- RVPA_j — određuje virtuelne zalihe municije,
- ZZPA_j — određuje količinu municije kojom je potrebno popuniti j-ti divizion,
- VRISA_j — određuje vreme do kada treba da bude realizovana popuna j-tog divizona,
- VROA_j — određuje vreme obrade i prenosa informacije do uključno nivoa armije od j-tog divizona,
- VROAB_i — određuje vreme obrade i prenosa informacije do uključno nivoa armije od i-te brigade,
- VROAK_i — određuje vreme obrade i prenosa informacije do uključno nivoa armije od i-tog korpusa.

Opis POZB_i:

- VRPB — određuje vreme potrebno za izvršenje popune (odnosi se na vreme od prijema naređenja za popunu do završetka istovara municije),
- TRANB — određuje vreme angažovanja transportnih kapaciteta (odnosi se na vreme od prijema naređenja za popunu do završetka transportnog ciklusa),
- TDSB — prati vreme između dva naređenja za popunu,
- KSNB — prati količine municije kojom se popunjava divizion,

- SZMB — prati stanje zaliha municije u pozadinskom bataljonu brigade,
- MANJB — prati nedostajuće količine municije u pozadinskom bataljonu,
- VPST — određuje vreme premeštanja pozadinskog bataljona,
- VUTB — određuje vreme utovara municije,
- VISTB — određuje vreme istovara municije,
- VVOZB — određuje vreme transporta municije.

Opis POZBAZ:

- VRPA — određuje vreme potrebno za izvršenje popune (odnosi se na municije),
- TRANA — određuje vreme angažovanja transportnih kapaciteta (odnosi se na vreme od prijema naređenja za popunu do završetka transportnog ciklusa),
- TDSA — prati vreme između dva naređenja za popunu,
- KSNA_i — prati količine municije kojom se popunjava i-ti divizion,
- VRPD_i — prati vreme potrebno za izvršenje popune i-tog divizona (odnosi se na vreme od prijema naređenja za popunu do završetka istovara municije),
- TRAND_i — prati vreme angažovanja transportnih kapaciteta za i-ti divizion (odnosi se na vreme od prijema naređenja za popunu do završetka transportnog ciklusa),
- TDSD_i — prati vreme između dva naređenja za popunu i-tog divizona,
- VUTA — određuje vreme utovara municije,

VISTA — određuje vreme istovara municije,
 VVOZA — određuje vreme transporta municije.

Parametri¹⁾

TEM_{i, j} — tempo pomeranja napred dejstvjućih jedinica po klasama, gde *i* i *j* uzimaju vrednosti 1, 2 i 3 sa značenjem *visok*, *srednji* i *nizak* respektivno, gde *i* označava donju, a *j* gornju granicu,
 VETI_{i, j} — verovatnoća pojave tempa prema intenzitetu upotrebe divizionima,
 VUPI_{i, j} — verovatnoća pojave prognoze utroška municije prema intenzitetu upotrebe divizionima,
 VU_{i, j} — verovatnoća utroška municije prema prognozi utroška i intenziteta upotrebe divizionima,
 N_{i, j} (μ, σ) — raspodela verovatnoća utroška municije po klasama i po divizionima, gde *i* označava klase, a *j* divizione,
 D_j — efikasan domet artiljerijskih oruđa u km po divizionima,
 DVP_{i, j} — udaljenost vatrenih položaja od prve linije fronta po divizionima, gornja i donja granica,
 VPS — brzina kretanja pri promeni vatrenih položaja, gornja i donja granica,
 TS_j — vreme svijanja po divizionima,
 TR_j — vreme razvijanja po divizionima,
 DS_j — dužina skoka divizionima prilikom premeštanja,
 KEM_j — količina ešelonirane municije po divizionima,

NR_j — neprikosnovena rezerva po divizionima,
 KMU_j — količina municije za utrošak po divizionima,
 SREZ_j — sigurnosna rezerva po divizionima,
 TEZ_j — težina municije po kalibrima,
 VRANG_i — vreme angažovanja divizionima,
 UDB — udaljenost pozadinskog bataljona od divizionima na vatrenom položaju,
 UDA — udaljenost rezervi municije pozadinske baze od divizionima koje popunjava,
 UDAB — udaljenost rezervi municije pozadinske baze od pozadinskog bataljona brigade,
 BRZA — brzina kretanja transportnih sredstava prilikom dotura municije od pozadinske baze,
 BRZB — brzina kretanja transportnih sredstava prilikom dotura od pozadinskog bataljona,
 PI_i — vreme prenosa informacija po komandnim nivoima,
 OI_i — obrada informacija po komandnim nivoima,
 TUT — vreme utovara u zavisnosti od količine i kalibra municije,
 TIST — vreme istovara u zavisnosti od količine i kalibra municije.

Interakcije među komponentama

— Postavlja se početno stanje. Uspostavlja se hijerarhijska struktura. Promenljive PUTRB, PUTRK_j i PUTRA_j određuju prognozu utroška municije. Promenljive RVPB, RVPK_j i RVPA_j određuju virtuelne zalihe municije. Na osnovu prethodnih promenljivih odre-

¹⁾ Pomoćne promenljive koje su korišćene u programu kao procesnom modelu, a nisu bitne za opis samog modela nisu navedene.

đuje se optimalni nivo snabdevenosti diviziona na vatrenom položaju promenljivim ONSB, ONSK_j i ONSA_j. Promenljive koje označavaju stanje zaliha municije u divizionu STZ_i poprimaju vrednosti promenljivih ONSB, ONSK_j i ONSA_j.

— *Sat* modela startuje. Promenljive POM_i određuju intenzitet upotrebe diviziona, a promenljive VERT_i i VERU_i određuju klase pripadanja tempa pomeranja napred dejstvjućih jedinica i utroška municije. Promenljiva UTR_i određuje utrošak municije na tom vatrenom položaju. VZAD_i određuje vreme zadržavanja na vatrenom položaju, a promenljiva VPREM_i vreme premeštanja na novi vatreni položaj. VIZV_i poprima vrednost vremena kod ADP_i dostavlja izveštaj o stanju zaliha municije STZ_i. Ako promenljiva UTR ima vrednost veću od vrednosti STZ, ADP dostavlja zahtev za vanrednu popunu KDABR, KDAK ili KDAA, u zavisnosti od pripadanja ADP. Veličina zahteva za vanrednu popunu predstavlja razliku vrednosti promenljivih UTR i STZ. Promenljiva STZ poprima vrednost uvećanu za vrednost veličine vanredne popune i umanjene za UTR. Promenljiva MANJ registruje nedovoljnu količinu municije za izvršenje zadatka. Ako je razlika promenljivih STZ i UTR manja od promenljive iz grupe promenljivih RVP (virtuelne zalihe), ADP dostavlja zahtev za pomoć za prevoženje municije pri premeštanju na novi vatreni položaj. Promenljiva VIS registruje da deo municije ostaje na vatrenom položaju. U vremenu VIZV_i ADP dostavlja izveštaj o prognoziranom STZ u momentu premeštanja na novi vatreni položaj. Kada se *sat* modela izjednači sa VZAD, ADP se premešta na novi vatreni položaj. Nakon isteka vremena VPREM, ADP se nalazi na novom vatrenom položaju. Kada se *sat* modela izjednači sa VRANG (vremenom angažovanja), ADP se izdvaja i čeka popunu do nivoa KEM (količina ešelonirane municije).

— Promenljiva VROB određuje vreme prijema i obrade informacija od diviziona. KDABR pomoću promenljive PUTRB određuje promenljivu ONSB za naredni vatreni položaj. Na osnovu vrednosti promenljivih ONSB i STZ donosi KDABR odluku o zahtevu za popunu. Ako je vrednost promenljive STZ veća ili jednaka vrednosti promenljive ONSB, promenljiva ZZPB poprima vrednost 0 i zahtev za popunu se ne dostavlja. Ako je ONSB veća od STZ, promenljiva ZZPB poprima vrednost razlike promenljive ONSB i STZ i zahtev za popunu se dostavlja. Zahtev za popunu dostavlja se prema KDAK ili KDAA, u zavisnosti od hijerarhijske povezanosti. Na osnovu vrednosti promenljive STZ, UTR i VZAD određuje se vrednost promenljive VRIS. Na osnovu vrednosti promenljivih VRIS i promenljive VRPA, koju određuje POZBAZ, KDABR donosi odluku o dopunskoj popuni. Ako VRIS ima manju vrednost od VRPA određuje se vrednost NDP i dostavlja POZB kao naređenje za dopunsku popunu. Ako VRIS ima vrednost veću od VRPA tada NDP poprima vrednost 0 i naređenje za dopunsku popunu se ne dostavlja. Kada se *sat* modela izjednači sa VRANG tada KDABR određuje vrednosti promenljivih ZZPB i VRIS i nestaje iz modela.

— Promenljiva VROK određuje vreme prijema i obrade informacija koje KDAK prima od ADP koji su po hijerarhiji vezani. Promenljiva VROKB određuje vreme prijema informacija od KDABR po hijerarhiji vezanih. KDAK pomoću promenljive PUTRK određuje promenljivu ONSK za naredni vatreni položaj. Na osnovu vrednosti promenljivih ONSK i STZ, KDAK donosi odluku o zahtevu za popunu. Ako je vrednost promenljive STZ veća ili jednaka vrednosti promenljive ONSK, promenljiva ZZPK poprima vrednost 0 i zahtev za popunu se ne dostavlja. Ako je promenljiva ONSK veća od STZ, promenljiva ZZPK poprima vrednost

razlike promenljive ONSK i STZ i zahtev za popunu se dostavlja. Zahtev za popunu dostavlja se prema KDAA. Na osnovu vrednosti promenljive STZ, UTR i VZAD određuje se vrednost promenljive VRISK (vreme do kada divizion treba popuniti municijom). KDAK prosleđuje zahteve za popunu ADP, vezanih po hijerarhiji za KDABR prema KDAA, prenoseći vrednosti promenljivih ZZPB i VRIS.

— Promenljiva VROA određuje vreme prijema i obrade informacija koje KDAA prima od ADP koji su po hijerarhiji vezani. Promenljiva VROAB određuje vreme prijema informacija od KDABR vezanih po hijerarhiji. Promenljiva VROAK određuje vreme prijema i obrade informacija koje KDAA prima od KDAK. KDAA pomoću promenljive PUTRA određuje promenljivu ONSA za naredni vatreni položaj. Na osnovu vrednosti promenljivih ONSA i STZ, KDAA donosi odluku o naređenju za popunu. Ako je vrednost promenljive STZ veća ili jednaka vrednosti promenljive ONSA, promenljiva ZZPA poprima vrednost 0 i naređenje za popunu se ne dostavlja. Ako je promenljiva ONSA veća od STZ, promenljiva ZZPA poprima vrednost razlike promenljive ONSA i STZ i naređenje za popunu se dostavlja prema POZBAZ. Na osnovu vrednosti promenljive STZ, UTR i VZAD određuje se vrednost promenljive VRISA (vreme do kada divizion treba popuniti municijom). KDAA prima zahteve za popunu ADP vezanih po hijerarhiji za KDABR, KDAK i KDABR vezanih po hijerarhiji za KDAK. Naređenje za popunu se dostavlja POZBAZ prenoseći vrednosti promenljivih ZZPB, ZZPK, ZZPA, VRIS, VRISK i VRISA.

— POZBAZ prima naređenje za popunu izjednačavajući vrednosti promenljivih ZZPB, ZZPK i ZZPA sa KSNA. Promenljiva VRPA određuje vreme potrebno za izvršenje popune. Redosled popune se određuje određivanjem razlike vrednosti promenljivih VRPA sa vrednostima promenljivih

VRIS, VRISK i VRISA. Prioritet u popuni imaju oni ADP za koje je vrednost razlike ovih promenljivih manja. Jednom započeta popuna realizuje se do kraja, bez obzira na prioritet. Popuna je realizovana nakon isteka VRPA za određeni ADP, povećanjem vrednosti promenljive STZ za vrednost promenljive KSNA. Ako je ADP hijerarhijski vezan za KDABR i realizovana je dopunska popuna, vrednost promenljive STZ se uvećava za vrednost promenljive KSNA, umanjenu za vrednost promenljive NDP. U tom slučaju promenljiva SZMB se uvećava za vrednost promenljive NDP.

— POZB prima naređenje za popunu izjednačavanjem vrednosti promenljivih KSNB sa vrednošću promenljive NDP. Promenljiva VRPB određuje vreme potrebno za realizaciju popune. Nakon isteka vremena VRPB vrednost promenljive STZ se uvećava za vrednost promenljive KNSB. U slučaju da je vrednost promenljive KSNB veća od vrednosti promenljive SZMB, promenljiva KSNB dobija vrednost promenljive SZMB, a promenljiva STZ se izjednačava sa 0. Promenljiva MANJB registruje nedovoljne količine municije u POZB. Promenljiva VPST određuje vreme premeštanja POZB.

— ADP prima municiju samo na vatrenom položaju. Municija se ne prima u toku premeštanja. Realizacija popune iz POZBAZ i POZB čeka ako je ADP u premeštanju, a za toliko se uvećavaju promenljive VRPB, VRPA, TRANB i TRANA. Na isti način postupaju i POZB pri prijemu municije iz POZBAZ, s tim da u toku svog premeštanja može vršiti popunu ADP.

Pretpostavke

— U toku vremena angažovanja utrošak municije se ne menja usled gubitka oruđa.

— Smatra se da nivo armije uvek raspolaže potrebnim količinama muni-

cije i potrebnim transportnim sredstvima.

Analiza opisanih promenljivih predstavlja određivanje zakonitosti promene i vrednosti ovih promenljivih, tako da u ovom radu nije posebno prikazana.

Eksperimenti i simulacija na modelu

Da bi se mogli provoditi eksperimenti na modelu ovog tipa, neophodno je izvršiti implementaciju modela na računar. Eksperimentisanje na modelu predstavlja, u suštini, simulaciju. Kao simulator se, u tom slučaju, pojavljuje računar, odnosno program koji je, po svojoj suštini, procesni model. Eksperimentisanje na modelu, kao jedna faza istraživanja, obuhvata planiranje jednog ili više eksperimenata i realizaciju tih eksperimenata. Realizacija eksperimenata, u ovom slučaju, znači provođenje simulacije na procesnom modelu. Prikazani model građen je za simulaciju diskretnih događaja.

Simulacija diskretnih događaja pretpostavlja da program daje skup vrednosti opisanih promenljivih samo u momentima kad se nešto stvarno događa. Program zbog toga mora biti oslobođen fiksnog vremenskog koraka. Prilikom simulacije diskretnih događaja simulator (program) kreće se po listi budućih događaja koja sadrži vremena u kojima će komponente modela pretrpeti promene stanja. Vreme za koje će se, prema prognozi, desiti događaj zove se vreme skoka. Za komponente za koje se ne može predvideti vreme skoka, čeka se promena uzrokovana prelaznim stanjem komponente ili inicijalizacija promene stanja komponente uticajem drugih komponenti.

Detaljan opis simulacije modela diskretnih događaja dat je u literaturi [10]. Potrebno je naglasiti da je opi-

sani model i simulacija koja je na njemu provedena simulacija diskretnih događaja, stohastička sa neuniformnim raspodelama.

Interpretacija opisanog modela u programskom jeziku zahteva tačno definisanje inicijalnih stanja i nekih od opisanih promenljivih komponenta modela. Inicijalni *scenario* za komponente ovog modela je dinamički model opštih borbenih dejstava.

Eksperimenti na modelu mogu biti provedeni radi praćenja procesa u sistemu ili kvantifikovanja pokazatelja funkcionisanja sistema. Radi ilustracije mogućih rezultata koji se dobijaju eksperimentima na modelu, biće prikazani samo neki izlazi. Pokazatelji funkcionisanja sistema snabdevanja, koji su prikazani u ovom radu, dobijeni su za jedan hipotetički inicijalni *scenario*.

Eksperimenti na modelu prema zadanom scenariju vršeni su radi kvantifikovanja pokazatelja koji opisuju procese popune za dati *scenario*. Prikazane su vrednosti za neke pokazatelje. Kvantifikovanje pokazatelja funkcionisanja sistema omogućava da se vrši njihova analiza.

Količina municije kojom se jedinica popunjava u jednoj popuni je slučajna veličina. Dobijene raspodele verovatnoća, koje opisuju ovu veličinu, prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1

Raspodele verovatnoća količine municije kojom se popunjava jedinica sa nivoa armije

Divizioni	Raspodela	Matematičko očekivanje (komad)
105 mm	E (1,0.00297)	673
122 mm	E (2,0.004788)	627
130 mm	N (531,247)	531
152 mm	N (369,188)	369
155 mm	N (329,149)	329

Vreme između dva zahteva za popunu jedne jedinice ima raspodelu verovatnoće prema tabeli 2.

Vreme između dva zahteva za popunu jedne jedinice

Divizioni	Nivo brigade (minuti)		Nivo armije (minuti)	
	Raspodela	M (X)	Raspodela	M (X)
105 mm	LN (5.74,0.92)	475	LN (5.54,0.53)	294
122 mm	LN (6.32,0.75)	741	LN (5.87,0.29)	371
130 mm			LN (6.62,0.3)	781
152 mm			LN (6.21,0.26)	513
155 mm			LN (6.01,0.28)	420

Matematičko očekivanje vremena između dva zahteva jedne jedinice za popunu municijom menja se u zavisnosti od divizona i nivoa kome se zahtev upućuje. Podaci iz tabele pokazuju da se model ponaša na način kako se očekuje da će se ponašati sistem prema procenama eksperata [1, 2, 3, 4]. Dobijena matematička očekivanja vremena između dva zahteva prema nivou brigade su veća nego matematička očekivanja vremena između dva zahteva prema nivou armije, što se očekivalo. Svi zahtevi se usmeravaju prema nivou armije kao nivou koji vrši osnovnu popunu, a prema nivou brigade zahtevi se usmeravaju kada nivo armije ne može vremenski da stigne da izvrši popunu.

Vreme između dva zahteva za popunu, koje prima pozadinska baza pokorava se eksponencijalnoj raspodeli sa parametrom $\lambda=0,0199$. Pošto se radi o potoku događaja koji nastaje slaganjem više potoka događaja, očekivalo se da se radi o prostom potoku događaja, odnosno da se vreme između dva događaja pokorava eksponencijalnoj raspodeli. Ako se svaki pristigli zahtev posmatra kao jedan događaj, jasno je da se radi o Poasonovom potoku događaja. Međutim, ako se zahtev posmatra kao količina municije tada se radi o složenom Poasonovom potoku događaja.

Zaključak

U svakom posebnom slučaju razvoja modela mora biti jasno definisana njegova namena. Svaki model za simulaciju ima širok spektar primene, ali primena mora ostati u okvirima njegove namene. Pogodnim definisanjem izlaza moguće je pratiti odvijanje velikog broja procesa.

Model prikazan u radu može zadovoljiti različite potrebe. Moguće osnovne primene su određivanje pokazatelja funkcionisanja sistema snabdevanja, istraživanja organizacije sistema, dimenzionisanje resursa snabdevanja, a može poslužiti i pri izboru tehnologije. To znači da primena modela ovog tipa nalazi svoje mesto i u fazi projektovanja sistema i u fazi provere funkcionisanja sistema. Eksperimentima na modelu dobijaju se manje pouzdani rezultati nego pri eksperimentima na samom sistemu, ali zato su ovi eksperimenti znatno jeftiniji. U fazi projektovanja sistema ili za klasu sistema koji je obrađivan u ovom radu, eksperimenti na sistemu čak nisu ni mogući, tako da praktično modelovanje u tim slučajevima nema alternativu. Računarski modeli su, zbog cene i brzine dobijanja rezultata, ravnopravni sa fizičkim modelima.

Literatura:

- [1] Rosić B., Vidojević V., Rodić D., Fetahović I., Radman Z., Marčesku N.: Artiljerija taktičko-operativna upotreba, VIZ, Beograd, 1976.
- [2] Peredeljskij G. E.: Artiljerijski divizion v boju, Voennoje izdateljstvo, Moskva, 1984.
- [3] UA SSNO, Borbeno pravilo artiljerije, SSNO, Beograd, 1982.
- [4] Vujnović V.: Taktika vatre zemaljske artiljerije, VIZ, Beograd, 1984.
- [5] Kovač M.: Unapređenje pripreme i izvođenja artiljerijske vatrene podrške napada pbr u zahvatu fronta, magistarski rad, CVVŠ KoV JNA, Beograd, 1989.
- [6] Mišković V.: Utvrđivanje kompleta municije artiljerije za podršku u funkciji intenziteta upotrebe artiljerijskih divizona, magistarski rad, CVTŠ KoV JNA, Zagreb, 1987.
- [7] Lakić R.: Planiranje i snabdevanje artiljerijskom municijom u napadnoj operaciji armije, diplomski rad, CVVŠ ŠNO, Beograd, 1981.
- [8] Borojević S.: Metodologija eksperimentalnog naučnog rada, Radnički univerzitet »Radivoj Čirpanov«, Novi Sad, 1978.
- [9] Horafas A. F.: Sistemi i modelirovanie, »MIR«, Moskva, 1967.
- [10] Zeigler B. P.: Theory of modeling and simulation, J. Wiley, New York, 1976.
- [11] Aljnah N. N.: Modelirovanije vičisliteljnih sistem, »Mašinostroenie«, Lenjingrad, 1988.
- [12] Avramčuk E. F. i drugi: Tehnologija sistemnogo modelirovanija, »Mašinostroenie«, Moskva, »Tehnik«, Berlin, 1988.
- [13] Vukadinović S., Popović J.: Metoda Monte-Karlo, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1985.
- [14] Mišković V.: Razvoj modela i postupaka za određivanje resursa snabdevanja municijom artiljerije za podršku, doktorska disertacija, VTA VJ, Beograd, 1994.