Dr Vidoje Pantelić,
general-potpukovnik,
dipl. inž.
Operativno-pozadinska uprava
GŠ VJ, Beograd

MODEL ZALIHA POPRAVLJIVIH AGREGATA

UDC: 658.78.012.12:355.3

Rezime:

U procesu održavanja složenih sredstava, radi ubrzanja procesa opravke, koristi se zamena agregata ili modula, koji se kasnije obnavljaju (popravljaju) u radionici i vraćaju na zalihe u skladište. S obzirom na zahtev ekonomičnosti u ulaganju novčanih sredstava u zalihe, potrebno je istražiti model za optimizaciju visine zaliha popravljivih agregata. U radu je prikazana mogućnost i metodologija određivanja parametara razvijenog modela, pri proračunavanju visine optimalnih zaliha popravljivih agregata primenom teorije masovnog opsluživanja, kao i mogućnost izrade i primene nomograma u procesu odlučivanja o visini zaliha i verovatnoći opsluge popravljivih agregata.

Ključne reči: zalihe, model, intenzitet potražnje, intenzitet obnavljanja, trošak, nomogram.

INVENTORY MODEL OF CORRIGIBLE AGGREGATES

Summary:

In the process of complex systems manufacturing, in order to make repair faster, aggregates or modules are replaced. Having been repaired later on in a workshop, they are stocked in a warehouse. Taking into consideration inventory cost effectiveness, it is necessary to examine a model for the optimization of corrigible-aggregates inventory-quantity. This paper presents a procedure of the developed model parameters determination by applying the queueing theory in order to calculate the quantity of optimal inventory of corrigible aggregates. The possibility to make and apply a nomogram in the decision making process concerning the inventory quantity and corrigible aggregates service probability has been presented as well.

Key words: inventory, model, intensity of demand, intensity of renewal, cost, nomogram.

Uvod

Rezervni delovi, u vojnom sistemu, sastavni su delovi složenih tehničkih sredstava koji se čuvaju u rezervama (zalihama), i u procesu održavanja služe za zamenu neispravnih, dotrajalih, uništenih ili izgubljenih delova na neispravnom sredstvu. Uslovljeni su konstrukcijom i tehnologi-

jom svakog pojedinačnog sistema, a mogu biti u najprostijem nedeljivom obliku, zatim kao niže modularne celine u obliku podsklopova ili modula ili više modularne celine kao sklopovi, u obliku agregata ili blokova od kojih se formira tehnički sistem.

Cilj svakog korisnika jeste da se neispravna sredstva u što kraćem vre-

menu oprave, odnosno da se **MTBF**¹ vreme maksimizira. To se jednostavno može postići ako se pri opravci menja kompletan agregat (blok u elektonskom uređaju) na kojem je došlo do neispravnosti nekog od sastavnih delova, a da se neispravan agregat — blok uputi na opravku (obnavljanje) u radionicu. Na taj način se, pored ubrzanja procesa opravke sredstva, pokriva nestacionarnost u angažovanju radioničkih kapaciteta i umanjuju ulaganja sredstava u zalihe. Stručno ljudstvo, kada nema poslova na održavanju, opravljajući neispravne agregate i vraća ih u zalihe.

Sve to podrazumeva potrebu čuvanja određenog broja agregata na zalihama skladišta, iz kojeg se snabdeva radionica. Time se obezbeđuje njihova raspoloživost radionici u trenutku potrebe. Takođe, da bi se neispravan agregat kasnije mogao opraviti u radionici, skladište mora posedovati i potrebne rezervne delove. Problem za nabavnu službu jeste — kako da smanji ukupne troškove zaliha. Poznato je da su pojedinačno nabavljeni delovi uvek skuplji od delova kupljenih u samom sredstvu ili nekom agregatu, što može dovesti do toga da ukupna nabavna cena delova potrebnih za opravku nekog agregata bude, a najčešće i jeste, veća od cene samog agregata kao rezervnog dela. Pri tome ne mora biti zadovoljen uslov da su svi sastavni delovi agregata planirani i kao rezervni delovi za nabavku. Zato je nabavka agregata povoljnija, jer su u njima zastupljeni delovi koji ne moraju biti u optimalnoj strukturi zaliha.

Cilj nabavnih organa, odnosno snabdevačke ili skladišne službe, jeste da se uz manja ulaganja postigne veća pouzdanost snabdevanja u sistemu. Da bi se to postiglo, zadatak planera je da se odredi početni dovoljan, odnosno za određene uslove optimalan

broj agregata na zalihama u sistemu snabdevanja. Taj broj agregata treba da se proračuna prema mogućnostima radionice da u određenom vremenu izvrši obnavljanje agregata, uz odgovarajući stok rezervnih delova koji je radionici na raspolaganju. Ako se sistem dobro postavi, broj agregata na zalihama u određenom vremenu može se čak i uvećavati.

U ovom radu prikazan je teoretski model po kojem je moguće proračunavati potrebnu količinu nekog agregata koji se čuva na zalihama, uz korišćenje matematičkog aparata teorije masovnog opsluživanja. Analizom uticaja i variranjem zavisnih parametara moguće je izraditi nomograme koji u praksi mogu, za određene uslove, poslužiti pri odlučivanju o visini stoka zaliha agregata, odnosno o potrebnim ulaganjima prema željenoj sigurnosti snabdevanja, izraženoj kroz stepen opsluge sistema.

Opis funkcionisanja modela

Agregati se u modelu razmatraju kao zamenljivi rezervni delovi za sredstvo, odnosno radionicu, a kao popravljivi rezervni delovi za skladišni sistem. U tehnologiji popravke uvek se pri izdavanju ispravnog agregata vraća neispravan agregat u radionicu, gde se opravljajući. Opravljeni agregat se vraća na zalihu u skladište (slika 1). Za model, sa teoretskog aspekta, nije bitno da li opravku agregata obavlja ljudstvo koje i opravljajući sredstva ili posebno ljudstvo.

Za funkcionisanje modela značajno je izvršiti početnu optimizaciju potrebnog broja agregata (q), da bi se dalje, vremenom, oni sami obnavljali u sistemu.

Za teorijsku podlogu modela poslužio je višekanalni sistem masovnog opsluživanja (SMO) sa čekanjem Kandlove oznake $M_\mu/M_\lambda/n/m$ [1], na osnovu kojeg su razvijeni modeli [3] i izvršena istraživanja upravljanja zali-

¹ MTBF: Mean Time Between Failure — srednje vreme između otkaza.

Sl. 1 — Ilustracija toka agregata u modelu

hama u složenim hijerarhijskim sistemima snabdevanja [4].

U predloženom modelu *kanal* predstavlja ispravan agregat na zalihami, zahtev za agregatom predstavlja potražnju radionice i razmatra se kao *klijent*, a vreme obnove (opravke) neispravnog agregata kao *vreme opsluge*. Karakteristike modela opisuju se na sledeći način:

1. Optimalna zaliha agregata q^* razmatra se kao optimalan broj kanala n u SMO.

2. Tekuće zalihe agregata q predstavljaju količinu slobodnih (nezauzetih) kanala.

3. Sistem ima n kanala i m mesta u redu i otvoren je u vremenu, $t \rightarrow \infty$.

4. Zahtevi za agregatima pojavljuju se na slučajan način, sa raspodelom intervala koji se može opisati nekom od raspodela verovatnoća, za koju postoji razvijen SMO. Ulazni potok zahteva za agregatima (intenzitet potražnje) jeste prost sa intenzitetom λ (jed/dan), a potrošač svaki put kada dolazi po novi agregat vraća neispravan, koji zauzima mesto ispravnog u sistemu i odmah se opravljiva radi obnove (zauzima se kanal).

5. Vreme obnove agregata raspoređeno je saglasno raspodeli verovatnoće kojom je matematički model SMO projektovan. Potok obnovljenih agregata iz svakog kanala je prost potok sa intenzitetom μ (jed/dan).

6. Troškovi postojanja zalihe jednog agregata po danu iznose T_a , a ukupni troškovi su proporcionalni broju agregata na zalihami, pri čemu se ne analizira uzrok nastajanja troška (nabavka — opravka, skladištenje, transport, zamrzavanje obrtnih sredstava, kamate i sl.).

7. Troškovi nedostatka agregata po jednom agregatu iznose T_s , a ukupni troškovi nedostatka agregata zavise od veličine deficita i od dužine perioda u kojem nedostatak postoji.

8. Svi zahtevi za agregatima realizuju se preko jedinstvenog sistema, a ako u trenutku ispoljavanja zahteva nema ispravnog agregata, neispravan u redu čeka da se prvi agregat opravi. Realizacija zahteva sprovodi se po principu »FIRST IN — FIRST OUT«,² a svaki zahtev se opslužuje jednim kanalom (agregatom).

² Prvi prispeo — prvi opslužen.

9. Skladište obezbeđuje sve potrebne delove za opravku agregata u radionici.

Stanja predloženog modela, kojih može biti $n+m+1$, sa intenzitetom prelaza iz jednog stanja u drugo, prikazana su na slici 2.

U proizvoljnom momentu vremena t posmatrani sistem se, prema broju zahteva, može naći u jednom od sledećih stanja:

- x_0 — u sistemu nema zahteva (svi agregati i red su slobodni),
- x_k — u sistemu ima k zahteva ($0 < k \leq n$) i svi se opslužuju,
- x_{n+r} — u sistemu se nalazi $(n+r)$ zahteva ($0 < r \leq m$) od kojih se n opslužuje, a r čeka u redu.

$$0 = -(\lambda + k \cdot \mu)p_k + \lambda \cdot p_{k-1} + (k+1) \cdot \mu \cdot p_{k+1}; \quad k=1, 2, \dots, n-1$$

$$0 = -(\lambda + n \cdot \mu)p_{n+r} + \lambda \cdot p_{n+r-1} + n \cdot \mu \cdot p_{n+r+1}$$

gde je:

$p_k, k=0, 1, \dots, m$ — verovatnoća stanja sistema (verovatnoća da se sistem u nekom vremenskom trenutku t nađe u stanju x_k);

λ — intenzitet zahteva potrošača za agregatima (intenzitet potražnje) predstavlja intenzitet Poasonovog potoka događaja koji sistem

LEGENDA:

- - deo postoji - kanal slobodan
- - deo na opravci - kanal zauzet
- - deficit - neudovoljeni zahtevi

Sl. 2 — Stanja modela zaliha za popravljive agregate

Postupak određivanja parametara modela

Koristeći matematički aparat sistema masovnog opsluživanja za stacionarni režim rada sistema, kada je $\lambda = \text{const}$, $m = \text{const}$, $t \rightarrow \infty$, može se formirati sledeći sistem algebarskih jednačina:

$$0 = -\lambda \cdot p_0 + \mu \cdot p_1$$

đaja koji sistem prevodi iz prethodnog u naredno stanje (iz nižeg u više stanje);

μ — intenzitet obnavljanja agregata, predstavlja intenzitet Poasonovog potoka događaja koji sistem prevodi iz narednog

u prethodno stanje (iz višeg u niže stanje).

Do rešenja sistema jednačina može se doći uz smenu:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}; \alpha = \frac{\lambda}{n \cdot \mu} = \frac{\rho}{n}; P_{k,\rho} = \frac{\rho^k}{k!}; R_{k,\rho} = \sum_{i=0}^k \frac{\rho^i}{i!} = \sum_{i=0}^k P_{i,\rho}$$

Poštovanjem normirajućeg uslova sume verovatnoća svih stanja:

$$\sum_{k=0}^n p_k + \sum_{r=1}^m p_{n+r} = 1$$

dobijaju se osnovne karakteristike rada ovog sistema, koje se opisuju sledećim izrazima:

— verovatnoća obnavljanja agregata (opsluge):

$$P_{ops} = 1 - p_{n+m} = 1 - \alpha^m \cdot p_n \quad (1)$$

Kada $m \rightarrow \infty$ i $\alpha < 1$ očigledno je da $P_{ops} \rightarrow 1$;

— srednji broj zauzetih kanala:

$$\bar{n}_z = \rho \cdot P_{ops} = \rho \cdot (1 - \alpha^m \cdot p_n) \xrightarrow{m \rightarrow \infty} \rho \quad (2)$$

identičan je srednjem broju agregata na zalihama;

— verovatnoća zauzetosti sistema (nema ispravnih agregata):

$$P_{pz} = \sum_{r=0}^m p_{n+r} = p_n \cdot \sum_{r=0}^m \alpha^r = p_n \cdot \frac{1 - \alpha^{m+1}}{1 - \alpha} \quad (3)$$

$$m \rightarrow \infty P_{pz} = \frac{\rho^n}{1 - \alpha}$$

— verovatnoća zauzetosti nekog kanala:

$$P_{zk} = \frac{\bar{n}_z}{n} \quad (4)$$

— srednje vreme zauzetosti kanala obnavljanja u slučaju postojanja reda:

$$\bar{t}_{zk} = (1 - P_{pr}) \cdot \frac{1}{\mu} + P_{pr} \cdot \left(\frac{1}{\mu} + \bar{t}_{pr} \right) \quad (5)$$

gde verovatnoća postojanja reda ili verovatnoća deficita u sistemu P_{pr} iznosi:

$$P_{pr} = \sum_{r=1}^m p_{n+r} = p_n \sum_{r=1}^m \alpha^r = p_n \cdot \alpha \cdot \frac{1 - \alpha^m}{1 - \alpha} \quad (6)$$

a srednje vreme postojanja reda u sistemu (srednje vreme postojanja deficita agregata), kada se sistem nalazi u grupi stanja $X_{n+1}, X_{n+2}, \dots, X_{n+m}$, iznosi:

$$\bar{t}_{pr} = \frac{1}{\lambda} \cdot \alpha \cdot \frac{1 - \alpha^m}{1 - \alpha} \quad (7)$$

— srednji broj neispunjenih zahteva za agregate (veličina deficita), koji se jednovremeno nalaze u redu za $m \rightarrow \infty$ određuje se prema izrazima:

$$\bar{k}_r = \frac{\rho^n}{n!} \cdot P_o \cdot \frac{\alpha}{(1 - \alpha)^2} \text{ za } \alpha \neq 1$$

$$P_o = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^n}{n!} \cdot \frac{\alpha}{1 - \alpha}} \quad (8)$$

— srednje vreme koje zahtev provede u redu:

$$\bar{t}_r = \frac{\bar{k}_r}{\lambda} \quad (9)$$

— srednje vreme koje jedan zahtev ukupno provede u sistemu kada nema obnovljenih agregata je:

$$\bar{t}_r = \frac{\bar{k}_r + \bar{n}_z}{\lambda} = \frac{\bar{k}}{\lambda} \quad (10)$$

gde je:

$\bar{k}$ — srednji broj zahteva za agregat.

Za analizu ponašanja sistema može se konstruisati dijagram međusob-

Sl. 3 — Postupak određivanja deficita u modelu

ne zavisnosti koji omogućava da se sagledaju veze:

- $\mu \leftrightarrow \rho$ preko λ ,
- $\rho \leftrightarrow \bar{k}_r$ preko n ,
- $\bar{t}_r \leftrightarrow \bar{k}_r$ preko λ .

To omogućava da se za određene uslove rada sistema može analizirati ponašanje deficita u zavisnosti od broja ispravnih agregata u sistemu. Mogućnost korišćenja ovog dijagrama prikazana je algoritmom na slici 3.

Korišćenjem računara u primeni ove metodologije mogu se uraditi različite varijante za donosioca odluke u praktičnom izboru najpovoljnijih parametara za sistem.

Za određivanje optimalne količine agregata potrebno je formirati funkciju ukupnih troškova u nekom srednjem ciklusu vremena τ_c i pronaći njen minimum, za koji je onda broj agregata (kanala) u sistemu optimalan. Za kriterijum optimizacije uzima se minimum ukupnih troškova koje prouzrokuje postojanje agregata na zaliham i troškovi koje sistem snabdevanja trpi u slučaju nastajanja deficita. Određivanje trajanja troškova prema jednom ciklusu raspolaganja zaliham je opravdano, jer se agregati naručuju samo jednom, a kasnije obnavljaju.

Troškovi zaliha agregata uslovljeni su postojanjem agregata u sistemu u vremenu $\bar{t}$, a troškovi deficita njihovim nedostatkom u vremenu $\bar{t}_r$, odnosno nemogućnosti sistema da pravovremeno izvrši obnovu neispravnih agregata. Očito je da do deficita dolazi u slučaju kada je $n \cdot \mu < \lambda$. Opis stanja agregata u proizvoljnom ciklusu može se prikazati dijagramom (slika 4).

Funkcija troškova zaliha agregata u ciklusu je:

$$T_{zu(q)} = T_{z(q)} + T_{z(d)} \quad (11)$$

Sl. 4 — Dijagram stanja agregata na zaliham u jednom ciklusu

Troškovi prouzrokovani postojanjem zaliha mogu se odrediti iz proizvoda:

$$T_{z(q)} = T_A \cdot \bar{t} \cdot \lambda \quad (12)$$

Troškovi prouzrokovani postojanjem deficita mogu se odrediti preko proizvoda:

$$T_{z(d)} = T_s \cdot \bar{t}_r \cdot \lambda \quad (13)$$

Funkcija ukupnih troškova dobija se zamenom u izrazu (11):

$$T_{zu(q)} = T_A \cdot \bar{t} \cdot \lambda + T_s \cdot \bar{t}_r \cdot \lambda \quad (14)$$

gde je:

- T_A — (din/jed · dan) troškovi postojanja agregata na zaliham,
- n — (jed) srednja količina agregata u sistemu,
- T_s — (din/jed · dan) cena troška pri nedostatku ispravnog agregata (troškovi sredstva, jer sredstvo ne radi),
- q — (jed) tekuća količina zaliha u skladištu,
- $\bar{t}_r$ — (dan) srednje vreme koje zahtevi provedu u redu (srednje vreme trajanja deficita),
- $\bar{t}$ — (dan) srednje vreme slobodnih kanala (raspoloživosti zaliha —

identična srednjem vremenu zauzetosti kanala).

Kada se u izrazu (14) za broj mesta u redu $m \rightarrow \infty$, kakav je uvek slučaj, uvede smena $\bar{t} = \frac{\bar{n}}{\lambda}$ i $\bar{t}_r = \frac{\bar{k}_r}{\lambda}$, dobija se:

$$T_{zu(q)} = T_A \cdot \left(\bar{n} + \frac{T_s}{T_A} \cdot \bar{k}_r \right) \text{ (din/dan)} \quad (15)$$

Srednja količina agregata u sistemu određuje se iz izraza (2), dok se broj zahteva za agregatima (veličina deficita) $\bar{k}_r$ određuje preko izraza (8).

Logička kontrola funkcije troškova pokazuje ispravnost rezultata kroz proveru ponašanja funkcije za granične vrednosti:

$$T_s \rightarrow 0 \Rightarrow T_{zu(q)} \rightarrow T_A \cdot n$$

$$T_s \rightarrow \infty \Rightarrow T_{zu(q)} \rightarrow \infty$$

$$T_A \rightarrow 0 \Rightarrow T_{zu(q)} \rightarrow 0, \text{ pri čemu } n \rightarrow \infty, \text{ (kada nema troškova zalihe mogu biti proizvoljno velike)}$$

$$T_A \rightarrow \infty \Rightarrow T_{zu(q)} \rightarrow \infty$$

Iz izraza (15) može se izračunati potrebna količina agregata n kao q^* za početne uslove, ili se varijacijom zavisnih varijabli mogu odrediti grafovi funkcije optimalne količine zalihe u obliku nomograma.

Analiza praktične primene modela

Model omogućava izradu nomograma na osnovu kojih se mogu određivati optimalne količine agregata uz određene uslove i posledično utvrditi verovatnoća opsluge zahteva radio-nice u tim slučajevima. Postupak određivanja optimalne količine agregata i verovatnoće opsluge najkraće je opisan kroz proceduru prikazanu na slici 5, a rezultati testova nomograma sa stvarnim parametrima na slikama 6 i 7.

Iz nomograma funkcije optimalnih zaliha u odnosu na troškove neispravnog sredstva po danu i troškove postojanja rezervnog agregata na zalihama po danu, u odnosu na početne uslove definisane preko koeficijenta ρ (slika 6), može se analizirati zavisnost optimalnog broja agregata u odnosu na zavisne parametre.

Sa grafa funkcije za proizvoljno izabranu vrednost ρ može se zaključiti: što je manji odnos cene troškova pri nedostatku agregata i troškova postojanja agregata na zalihama (T_s/T_A) potrebno je držati manje agregata na zalihama. To je logično jer T_A se može smatrati konstantom za određeni agregat, dok je trošak neispravnog sredstva varijabilan od slučaja kada ga nema (neispravnost agregata ne utiče na funkciju sredstva) pa do situacije kada je on jednak ceni novog sredstva. Odavde se može zaključiti da je cena troškova neispravnog sredstva dominantna za utvrđivanje optimalne količine agregata.

S druge strane, ako je trošak neispravnog sredstva konstantan očito je da što je agregat jeftiniji treba ga nabaviti u većoj količini, odnosno, što je cena agregata veća, to je odnos T_s/T_A manji, pa je potrebno nabaviti manje agregata.

Iz dijagrama se može zaključiti da povećanje parametra ρ utiče na povećanje broja agregata koje treba držati na zalihama. Povećanje ρ može nastati povećanjem intenziteta potražnje uz zadržavanje intenziteta obnavljanja, ili smanjenjem intenziteta obnavljanja u odnosu na zahtevanu potražnju. Rezultati dobijeni ovim dijagramom realno opisuju očekivano ponašanje zaliha u odnosu na vreme obnavljanja, odnosno, ako je veća brzina obnavljanja na zalihama treba držati manje agregata, i obratno.

Sl. 5 — Postupak određivanja optimalne količine agregata i verovatnoće opsluge

OPTIMALNI BROJ AGREGATA

ODNOS IZMEĐU TROŠKOVA NEISPRAVNOG SREDSTVA NA OPRAVCI PO DANU I
TROŠKOVA REZERVNOG AGREGATA PO DANU

Sl. 6 — Nomogram funkcije optimalnih zaliha u odnosu na ukupne troškove zaliha agregata

Sl. 7 — Dijagram zavisnosti verovatnoće opsluge i broja agregata na zalihama

Iz analize odnosa na dijagramu sa slike 7 može se uočiti da se za veći μ (veću brzinu obnavljanja) povećava verovatnoća opsluge, odnosno sa smanjenjem μ u odnosu na iste ostale ulazne veličine smanjuje se i verovatnoća opsluge. Logičnost dobijenih rezultata može se potvrditi iz primera u kojem je intenzitet ulaznog potoka zahteva za agregate (potražnje) $\lambda_u=10$ (jed/dan), brzina obnavljanja agregata $\mu=5$ (jed/dan), a u sistemu se čuva $q^*=5$ agregata. Tada je verovatnoća opsluge $P_{ops}=1$, odnosno, dnevno se zahteva 10 agregata, 5 je na zaliham, a 5 se obnovi, što znači da se svi zahtevi realizuju bez deficita.

Ovakvi dijagrami, ako se urade za dovoljno široku lepezu ρ , μ i n , mogu se veoma jednostavno koristiti u donošenju odluka pri određivanju optimalne veličine zaliha agregata i verovatnoće opsluge koja se može postići u sistemu upravljanja zaliham, pri čemu se ne zahtevaju šira matematička znanja. Dijagram može poslužiti i za obratnu proceduru, odnosno da se preko željene verovatnoće opsluge određuje broj agregata na zaliham.

Zaključak

Primena tehnika, metoda i modela za optimizaciju u logističkim procesima uvek je usmerena na postizanje ekonomičnosti i racionalnosti. Prikazani model je u funkciji iznalaženja pogodnog postupka upravljanja zaliham za popravljive rezervne delove. Pokazano je da se teoretski matematički a-

parat SMO efikasno može upotrebiti u oblasti upravljanja zaliham za određivanje najpovoljnije količine zaliha radi postizanja ekonomičnosti sistema.

Prednost primene prikazanog modela, u odnosu na klasične metode upravljanja zaliham, može biti predložena metodologija logičke analize zavisnih parametara u odnosu na repere veličine modela, koja omogućava optimalno upravljanje i željenu pouzdanost u snabdevanju.

Model omogućava rukovodećoj (menadžerskoj) strukturi da troškove zaliha ovakvih vrsta rezervnih delova, ili drugih zaliha koje se na isti način ponašaju, može usaglašavati sa željenim (definisanim) koeficijentom opsluživanja, čime se procenjuje rizik za organizaciju, uz definisane uslove.

Iz modela je evidentna potpuna međuzavisnost problema snabdevanja popravljivim agregatima i problema obnavljanja neispravnih agregata, odnosno funkcije snabdevanja i održavanja. Kada se istražuju sistemi održavanja i snabdevanja u borbenim dejstvima, gde su slučajni procesi značajna karakteristika funkcionisanja, neminovno je kreiranje simulacionih modela. U daljem istraživanju predloženi model može se prilagoditi za simulacije, čime bi se približio realnosti. U tom slučaju bi se raspodele verovatnoća intervala, značajnih za istraživanje, mogle opisati realno snimljenim ili pretpostavljenim podacima. Prikazani model SMO može poslužiti za ocenu povoljnosti simulacionog modela.

Literatura:

- [1] Stoilković, M., Vukadinović, S.: Operaciona istraživanja, VIZ, Beograd, 1984.
- [2] Vukadinović, S.: Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike, Privredni pregled, Beograd, 1988.

- [3] Vukićević, S.: Skladišta, Preving, Beograd, 1995.
- [4] Pantelić, V.: Upravljanje zaliham u hijerarhijskom sistemu snabdevanja rezervnim delovima, doktorska disertacija, VTA, Beograd, 1996.