Dr Vasilije Mišković,
potpukovnik, dipl. inž.
Vojnotehnička akademija VJ,
Beograd

UTICAJ VISINE ZALIHA NA KARAKTERISTIKE FUNKCIONISANJA VIŠEEŠELONSKOG NESIMETRIČNOG SISTEMA ZALIHA

UDC: 519.863:623

Rezime:

U ovom radu se obrađuje problem funkcionisanja višeešelonskog sistema zaliha. U fazi projektovanja sistema ili pri manifestacijama lošeg funkcionisanja sistema veoma je teško prognozirati ili otkriti uzroke takvog funkcionisanja. Složenost sistema, veliki broj veza i međusobnih uticaja različitog intenziteta praktično onemogućavaju analizu funkcionisanja sistema na klasičan način. Zato se ovde, kao rešenju, pribegava modelovanju i simulaciji. Kao kriterijum ocene uspešnosti funkcionisanja sistema uzima se zadovoljenje potražnje. Rezultat takvog pristupa je izdvajanje režima u kome sistem ne bi smeo funkcionisati. Pristup rešavanju problema ilustrovan je primerom.

Ključne reči: zalihe, sistem, model, simulacija.

INFLUENCE OF INVENTORY QUANTITY ON THE FUNCTIONING CHARACTERISTICS OF A MULTIECHELON NONSYMMETRIC INVENTORY SYSTEM

Summary:

This article deals with the problem of multiechelons inventory system functioning. During the system design stage or the system malfunctioning there are many difficulties in predicting or detecting a problem in functioning. The classic analysis of the system functioning is impossible because of the large number of influences between system elements. The modeling and simulation methods are used for problem solving. The demand satisfaction is taken as a criterion for the system effectiveness estimation. This approach provides the recognition of the states which the system should not reach. An example of this approach has been also provided.

Key words: inventory, system, model, simulation.

Uvod

Rešavanje upravljanja zalihama u sistemima sa više nivoa predstavlja veoma složen problem, bilo da se radi o operativnom upravljanju u sistemu, projektovanju sistema ili korekcijama i poboljšanju sistema. Kako je veoma teško analitički obuhvatiti sve uticajne faktore koji deluju u sistemu i izvan njega, za rešavanje ove klase problema može se koristiti simulaci-

ja, odnosno simulacija u kombinaciji sa drugim metodama. Metoda simulacije pruža mogućnost rešavanja nekoliko klasa problema vezanih za upravljanje zalihama. Najčešća primena metode simulacije je za:

— analizu uticaja pojedinih parametara u sistemu;

— otkrivanje uzroka ponašanja sistema različitog u odnosu na očekivano;

— eliminaciju rešenja koja ne zadovoljavaju ograničenja još u fazi projektovanja;

— određivanje vrednosti kriterijskih funkcija za ocenu funkcionisanja sistema;

— postoptimalnu analizu.
Postoji još čitav niz mogućnosti primene ove metode.

U ovom članku biće prikazane neke mogućnosti primena, odnosno mogućnost analize uticaja pojedinih parametara zaliha na neke karakteristike sistema. Konkretno, u radu je predstavljena analiza uticaja visine zaliha na koeficijent popunjenosti skladišta i srednje vreme čekanja na rezervni deo. U višeešelonskim sistemima pojavljuje se i problem podele zaliha po nivoima. Zato se ovde obrađuje problem uticaja različite visine zaliha po nivoima na navedene karakteristike sistema.

Karakteristike funkcionisanja sistema snabdevanja predstavljaju pokazatelje uspešnosti funkcionisanja. Poznavanje ovih karakteristika ima značaj i za potrošača i za upravne organe u sistemu. Za potrošača koji se pojavljuje u sistemu, radi zadovoljenja svojih potreba, značajno je da unapred zna šta ga očekuje, koja je verovatnoća da će rezervni deo dobiti odmah, ako mora čekati na rezervni deo, koliko je vreme čekanja, sa kojom verovatnoćom može očekivati da neće čekati duže od nekog, za njega relevantnog vremena, itd. Za upravne organe u sistemu poznavanje karakteristika funkcionisanja značajno je da mogu oceniti da li sistem funkcionise na zadovoljavajući način i u kojoj meri. Na osnovu toga mogu donositi odluke: da li treba u sistemu vršiti korekcije ili, u krajnjem, da li je neophodno projektovati i uspostaviti novi sistem snabdevanja.

Analiza navedenih karakteristika sistema je veoma kompleksna. Potreb-

no je analizirati različite uticaje visina zaliha, po nivoima, i u okviru jednog nivoa, na karakteristike sistema. U radu je predstavljena analiza koeficijenta popunjenosti skladišta i srednjeg vremena čekanja samo jednog perifernog skladišta u zavisnosti od visine zaliha u tom skladištu i regionalnom skladištu na koje je ono oslonjeno.

Neke karakteristike funkcionisanja sistema

Ako se kao cilj postojanja i funkcionisanja sistema, koji ima svoju strukturu, procese i funkcionise na definisan način, postavi zadovoljenje potražnje koja se javlja, onda se kao osnovne karakteristike funkcionisanja sistema mogu uzeti: koeficijent popunjenosti skladišta, broj zahteva u redu čekanja, vreme čekanja u redu, troškovi u sistemu i reagovanje sistema na poremećaje.

Ovde će biti predstavljene samo one karakteristike funkcionisanja sistema koje se na bilo koji način analiziraju i pominju u radu.

Koeficijent popunjenosti skladišta predstavlja odnos broja tražnji koji se zadovoljava bez čekanja prema ukupnom broju tražnji. Ova karakteristika predstavlja verovatnoću zadovoljenja zahteva bez čekanja. Brojčana vrednost ove karakteristike funkcionisanja sistema izračunava se prema formuli:

$$k_p = \frac{b_r}{b_u} \quad (1)$$

gde je:

k_p — koeficijent popunjenosti skladišta,

b_r — broj tražnji koji je zadovoljen bez čekanja,

b_u — ukupan broj tražnji.

Broj zahteva u redu čekanja može se opisati srednjim brojem zahteva u redu čekanja i verovatnoćom da broj zahteva u redu ne bude veći od nekog za sistem ili potrošača relevantnog broja. Srednji broj zahteva u redu čekanja je odnos ukupnog broja tražnji koji u redu čekaju određeno vreme i ukupnog vremena čekanja. Ova karakteristika pokazuje, ako se čeka na rezervni deo, koliko tih zahteva čeka, odnosno koliki je očekivani broj sredstava koja su oslonjena na održavanje u datom sistemu, u otkazu istovremeno. Takođe, pokazuje verovatnoću da istovremeno broj sredstava u otkazu ne bude veći od nekog, unapred zadatog broja. Srednji broj zahteva izračunava se prema formuli:

$$S_{dr} = \frac{\sum_{i=1}^m k_i}{T} \quad (2)$$

gde je:

T — ukupno vreme čekanja svih tražnji,

k_i — vreme čekanja u redu i -te tražnje,

m — broj tražnji koje su čekale u redu.

Vreme čekanja u redu može se opisati srednjim vremenom čekanja i verovatnoćom da zahtev ne čeka duže od nekog relevantnog vremena. Srednje vreme čekanja predstavlja odnos ukupnog vremena čekanja i broja tražnji koje se nalaze u redu. Uvek je značajno unapred znati koliko vremena se može očekivati da će se sredstvo zadržati na održavanju ili od kog vremena se neće zadržavati duže na održavanju. U ukupnom vremenu održavanja sredstva, vreme čekanja na rezervne delove ili sklopove je veoma značajno. Srednje vreme čekanja na rezervni deo izračunava se prema formuli:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n} \quad (3)$$

gde je:

W_i — vreme čekanja i -te tražnje,

n — ukupan broj tražnji koje su čekale u redu,

W — srednje vreme čekanja u redu.

Poznavanje uticaja visine zaliha pojedinih nivoa na karakteristike funkcionisanja sistema omogućava upravnim organima da, prema konkretnim uslovima, mogu donositi odluke i preduzimati upravljačke akcije, čime predupređuju negativno delovanje na karakteristike sistema. Radi toga je takav uticaj i takvu zavisnost neophodno poznavati.

Opis modela

Sistem se sastoji od jednog centralnog, J regionalnih skladišta i N perifernih skladišta u kojima se drže nepopravljivi delovi određenog tipa. Periferno skladište može biti oslonjeno na regionalno ili centralno skladište. Na svako regionalno skladište oslonjeno je P_j , a na centralno skladište C perifernih skladišta (slika 1). Centralno skladište oslanja se na neiscrpan izvor snabdevanja. Zahtevi neposrednih potrošača dolaze samo na periferna skladišta. Ne postoje horizontalne veze među skladištima, odnosno nema međusobnih isporuka između regionalnih skladišta, a takođe ni između perifernih.

Sistem je projektovan da funkcioniše po sledećem modelu.

Zahtevi za delovima na perifernim skladištima predstavljaju složeni Poissonov proces, tj. vremena između dva dolaska zahteva su slučajne veličine raspodeljene po eksponencijalnom zakonu sa parametrima $\lambda_{i,j}$ (broj dolazaka zahteva u vremenskom periodu t je

slučajna veličina koja podleže Poasovnoj raspodeli sa parametrom λt), a broj traženih delova po jednom zahtevu je slučajna veličina koja se pokorava geometrijskoj raspodeli.

Popuna perifernih skladišta, iz regionalnih ili centralnog skladišta, obav-

lja se za slučajno vreme t , normalno raspodeljeno sa parametrima (t_i, s_i) . Vreme popune, broj dolazaka zahteva i veličine zahteva mogu biti različiti za svako periferno skladište, odnosno navedene raspodele mogu imati različite parametre.

Sl. 1 — Model

Periferna skladišta slede princip (R_j, Q_j) gde je R — tačka naručivanja, Q — veličina narudžbe, a j oznaka za periferno skladište. Dakle, čim nivo zaliha padne na R ili ispod R , naručuje se Q delova. Periferno skladište upućuje svoju narudžbu regionalnom ili centralnom skladištu, u zavisnosti od toga na koje je skladište oslonjeno. Isti princip slede i periferna skladišta oslonjena na centralno skladište i periferna skladišta oslonjena na regionalna skladišta.

Dobijene zahteve periferno skladište realizuje odmah, ako je visina zaliha jednaka ili veća od veličine zahteva. U slučaju da je nivo zaliha u perifernom skladištu na nuli, vrši se evidencija pristigle narudžbe i ono se stavlja u red. Periferna skladišta obavljaju delimičnu isporuku, tako da se neisporučeni deo narudžbe stavlja u red. Red se prazni po principu »prvi došao — prvi opslužen«.

Regionalna skladišta slede (S, T) princip popunjavanja i to na sledeći način: u vremenskim trenucima $T_i, 2T_i, 3T_i, \dots$ obavlja se kontrola stanja na skladištu i naručuje $S_i - X_0(T_i)$ (S_i je veličina nominalnih zaliha, a $X_0(T_i)$ stanje u skladištu u trenutku kontrole T_i). Narudžba se ispunjava za slučajno vreme t , normalno raspodeljeno sa parametrima (t_i, s_i) . Ako se zalihe u regionalnom skladištu svedu na nulu, a ne postoji već postavljena narudžba, naručuje se S_i delova pre nego što dođe trenutak kontrole ($T_i, 2T_i, 3T_i, \dots$). U slučaju kada je nivo zaliha na nuli, u trenutku kontrole veličina narudžbe odgovara sumarnoj veličini reda uvećanoj za veličinu S_i i umanjenoj za veličinu već ispostavljenih, a nerealizovanih narudžbi. Narudžbe regionalnih skladišta realizuju se u zavisnosti od stanja zaliha u centralnom skladištu. Kada zalihe u centralnom skladištu postoje narudžba se realizuje za slučajnu veličinu vremena koja se pokorava normalnoj raspodeli.

U vremenskim intervalima kada nema zaliha u regionalnom skladištu obavlja se evidencija pristiglih zahteva (formira se red čekanja). Veličina reda je beskonačna, a opsluživanje se obavlja po principu »prvi došao — prvi opslužen«. U skladištima se realizuje i delimična isporuka, tako da se neisporučeni deo narudžbe stavlja u red za čekanje.

U centralnom skladištu koristi se (S, T) politika popunjavanja, i to na sledeći način: u vremenskim trenucima, $T, 2T, 3T, \dots$ obavlja se kontrola stanja na skladištu i naručuje $S - X_0(T)$ (S je veličina nominalnih zaliha, a $X_0(T)$ stanje u skladištu u trenutku kontrole T). Narudžba se ispunjava za slučajno vreme t , normalno raspodeljeno sa parametrima (t, s) , različito za svako regionalno skladište i periferna skladišta oslonjena direktno na centralno skladište. Slično tome, ako se zalihe u centralnom skladištu svedu na nulu, a ne postoji već postavljena narudžba, naručuje se S delova pre nego što dođe trenutak kontrole ($T, 2T, 3T, \dots$). U slučaju kada je nivo zaliha na nuli, u trenutku kontrole veličina narudžbe odgovara sumarnoj veličini reda uvećanoj za veličinu S i umanjenoj za veličinu već ispostavljenih, a nerealizovanih narudžbi. Svaka narudžba centralnog skladišta prema neiscrpnom izvoru realizuje se u potpunosti.

U vremenskim intervalima kada nema zaliha u centralnom skladištu formira se red čekanja. Veličina reda je beskonačna, a opsluživanje se obavlja po principu »prvi došao — prvi opslužen«. U centralnom skladištu realizuje se i delimična isporuka, tako da se neisporučeni deo narudžbe stavlja u red za čekanje.

Cilj postojanja i funkcionisanja sistema po opisanom modelu je zadovoljenje potražnje koja se javlja na perifernim skladištima.

Analiza rezultata simulacije

Za potrebe prikaza analize rezultata simulacije provedena je simulacija na modelu, uz variranje minimalnog broja parametara. Model na kome je vršena simulacija je sledeći:

- broj regionalnih skladišta je 2,
- broj perifernih skladišta oslonjenih na regionalna je 4, za svako regionalno skladište,
- broj perifernih skladišta oslonjenih direktno na centralno skladište je 3.

Varirani parametri u toku simulacije su nivo naručivanja i veličina narudžbe na prvom perifernom skladištu oslonjenom na prvo regionalno skladište i nivo zaliha u prvom regionalnom skladištu.

Za nivo zaliha u regionalnom skladištu uzete su sledeće varijante: veoma nizak nivo zaliha, nizak nivo zaliha, srednji nivo zaliha, visok nivo zaliha i veoma visok nivo zaliha.

U perifernom skladištu razmatraju se sledeće varijante:

- tačka naručivanja $R_{1,1}=0, 1, 2, 3, 4$;
- veličina narudžbe $Q_{1,1}=3, 4, 5, 6, 7$.

Vrednosti ostalih parametara nisu menjane.

Simulacija je obavljena za period od 3650 dana, a rezultati prvih 365 dana pri analizi nisu uzimani u obzir.

Svaki eksperiment predstavlja jednu varijantu, a za svaku varijantu provedeno je po 100 ponavljanja. Na taj način za svaku varijantu mogu se dobiti raspodele verovatnoća kojima se pokoravaju karakteristike funkcionisanja sistema. Ilustracije radi, za samo jednu varijantu pokazane su funkcije gustine raspodele verovatnoća na slikama 2 i 3. Na slici 2 prikazana je fun-

kcija gustine raspodele verovatnoća broja zahteva u redu čekanja na perifernom skladištu. Ova slučajna veliči-

frekvencija

Sl. 2 — Funkcija gustine raspodele verovatnoća broja klijenata u redu čekanja

frekvencija

Sl. 3 — Funkcija gustine raspodele verovatnoća vremena čekanja

na, broj zahteva u redu čekanja, pokorava se Erlangovoj raspodeli verovatnoća.

Na slici 3 prikazana je funkcija gustine raspodele verovatnoća vremena čekanja na rezervni deo. Ova slučajna veličina pokorava se Vejbulovoj raspodeli verovatnoća.

Rezultati simulacije, odnosno vrednosti karakteristika funkcionisanja sistema koji se analiziraju, prikazani su u tabelama 1—6. U tabelama 1—3 date su srednje vrednosti koeficijenta popunjenosti skladišta, a u tabelama 4—6 date su vrednosti srednjeg vremena čekanja za sve postavljene varijante. Za svaku varijantu dobijene su raspodele verovatnoća karakteristika funkcionisanja sistema, ali ovde su prikazane samo srednje vrednosti ovih karakteristika. U tabelama su naglašene najbolje vrednosti karakteristika funkcionisanja sistema prema veličini

veliĉine narudŹbe u perifernom skladištu. Za vrednosti jednake i veće od veliĉine narudŹbe 5 i taĉke naruĉivanja 4, obe karakteristike funkcionisanja sistema se stabilizuju, itd. Zbog toga su dati samo neki od zakljuĉaka koji su izvedeni iz provedene analize:

— za sve sluĉajeve kada je nivo naruĉivanja u perifernom skladištu veći od veliĉine narudŹbe, dolazi do naglog skoka srednjeg vremena čekanja u redu i naglog pada koeficijenta popunjenosti skladišta. Uzrok ove pojave je da nakon dovoljno dugog vremena fun-

Tabela 1

Koeficijent popunjenosti skladišta pri veoma niskom i niskom nivou zaliha u regionalnom skladištu

Veliĉina narudŹbe	NIVO ZALIHA U REGIONALNOM SKLADIŠTU											
	Veoma nizak						Nizak					
	Taĉka naruĉivanja R						Taĉka naruĉivanja R					
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
3	0.62	0.77	0.86	0.74	0.64	0.55	0.68	0.82	0.90	0.77	0.73	0.58
4	0.70	0.80	0.86	0.90	0.86	0.81	0.74	0.87	0.93	0.96	0.88	0.87
5	0.76	0.85	0.88	0.92	0.88	0.84	0.79	0.89	0.94	0.92	0.93	0.92
6	0.76	0.82	0.87	0.90	0.91	0.92	0.81	0.89	0.94	0.97	0.97	0.97
7	0.80	0.86	0.85	0.93	0.94	0.86	0.84	0.91	0.95	0.97	0.99	0.97
8	0.77	0.85	0.90	0.95	0.92	0.87	0.88	0.92	0.96	0.97	0.99	0.99

narudŹbe, a uokvirene su najbolje vrednosti istih karakteristika, ali prema taĉki naruĉivanja.

Prikaz kompletne analize po svim varijantama i njihovom odnosu zahtevao bi veoma mnogo prostora. Na primer, pri srednjem nivou zaliha u centralnom skladištu obe karakteristike pokazuju izrazitu, skoro funkcionalnu zavisnost izmeĉu taĉke naruĉivanja i

kcionisanja sistema sa ovakvim odnosom parametara, periferno skladište prestaje da sledi princip (R, Q) i nastavlja da sledi princip (S, S), gde se praktiĉno vrednost S izjednaĉava sa R. To znaĉi da u perifernom skladištu nominalni nivo zaliha nije više $R+Q$, nego R. Zakljuĉak je da podruĉje ovakvog odnosa ova dva parametra treba izbegavati pri odreĉivanju njihovih vrednosti;

Tabela 2

Koeficijent popunjenosti skladišta pri srednjem i visokom nivou zaliha u regionalnom skladištu

Veličina narudžbe	NIVO ZALIHA U REGIONALNOM SKLADIŠTU											
	Srednji						Visok					
	Tačka naručivanja R						Tačka naručivanja R					
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
3	0.67	0.83	0.92	0.83	0.70	0.62	0.72	0.85	0.93	0.83	0.72	0.59
4	0.76	0.87	0.93	0.96	0.90	0.88	0.78	0.89	0.95	0.97	0.94	0.86
5	0.81	0.90	0.95	0.97	0.99	0.89	0.81	0.91	0.97	0.98	0.97	0.95
6	0.84	0.93	0.96	0.97	0.99	0.99	0.84	0.93	0.97	0.98	0.99	0.99
7	0.86	0.93	0.96	0.98	0.99	0.99	0.86	0.94	0.96	0.98	0.99	0.99
8	0.88	0.94	0.96	0.98	0.99	0.99	0.89	0.95	0.97	0.99	0.99	0.99

Tabela 3

Koeficijent popunjenosti skladišta pri veoma visokom nivou zaliha u regionalnom skladištu

Veličina narudžbe	NIVO ZALIHA U REGIONALNOM SKLADIŠTU					
	Veoma visok					
	Tačka naručivanja R					
	0	1	2	3	4	5
3	0.72	0.87	0.93	0.84	0.78	0.59
4	0.79	0.91	0.95	0.97	0.93	0.89
5	0.83	0.91	0.95	0.98	0.98	0.86
6	0.85	0.93	0.97	0.98	0.99	0.99
7	0.87	0.94	0.97	0.99	0.99	0.99
8	0.90	0.94	0.97	0.99	0.99	0.99

— u slučaju kada veličina narudžbe perifernog skladišta ima niske vrednosti i kada je konstantan koeficijent popunjenosti skladišta i ne zavisi od nominalnog nivoa zaliha u regionalnom skladištu, ali je zato izrazita zavisnost od tačke naručivanja. Međutim, pri visokim vrednostima veličine narudžbe koeficijent popunjenosti izrazito zavisi od nominalnog nivoa zaliha u regionalnom skladištu.

Za celokupnu analizu sistema i određivanje parametara sistema po ograničenjima i kriterijumima potrebno bi bilo provesti izuzetno veliki broj eksperimenata. Zato se preporučuje određivanje optimalnih vrednosti parametara za svako skladište nezavisno, po klasičnim metodama upravljanja zalihama, a nakon toga ispitivanje okoline takvih rešenja pri uvezivanju sistema u celinu.

Tabela 4

*Srednje vreme čekanja pri veoma niskom i niskom nivou zaliha
u regionalnom skladištu*

Veličina narudžbe	NIVO ZALIHA U REGIONALNOM SKLADIŠTU											
	Veoma nizak						Nizak					
	Tačka naručivanja R						Tačka naručivanja R					
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
3	15.2	14.5	17.4	22.1	24.9	23.3	11.8	10.9	11.0	19.9	21.0	22.9
4	13.5	14.6	15.6	16.2	20.4	26.3	9.9	9.4	8.4	6.4	20.9	21.3
5	13.0	14.0	11.1	10.4	14.2	16.3	9.4	8.6	8.8	7.4	6.0	11.3
6	12.1	11.4	12.6	11.9	8.6	7.5	10.3	8.0	8.0	4.8	3.5	3.2
7	12.5	12.2	9.1	8.5	5.6	6.9	10.2	9.7	7.7	8.6	4.8	2.0
8	14.1	11.8	7.2	12.3	6.9	2.0	8.2	7.9	8.1	6.7	2.5	0.6

Tabela 5

*Srednje vreme čekanja pri srednjem i visokom nivou zaliha
u regionalnom skladištu*

Veličina narudžbe	NIVO ZALIHA U REGIONALNOM SKLADIŠTU											
	Srednji						Visok					
	Tačka naručivanja R						Tačka naručivanja R					
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
3	9.7	9.5	8.2	17.8	31.7	21.6	8.1	8.5	8.2	19.7	18.1	19.7
4	9.6	9.4	9.4	7.0	16.3	20.9	7.6	7.9	9.0	6.9	15.5	21.6
5	8.9	8.0	7.7	5.9	3.8	11.7	8.2	7.2	5.3	4.9	6.2	1.3
6	7.6	7.2	7.4	6.3	4.3	2.8	7.2	6.8	5.7	4.3	1.6	1.6
7	8.5	7.3	6.8	4.3	4.3	2.5	6.9	6.5	7.2	2.6	3.2	1.8
8	9.3	8.5	6.8	3.9	3.2	1.8	6.5	6.4	5.7	3.8	2.5	0.9

Srednje vreme čekanja pri veoma visokom nivou zaliha u regionalnom skladištu

Velicina narudžbe	NIVO ZALIHA U REGIONALNOM SKLADIŠTU					
	Veoma visok					
	Tačka naručivanja R					
	0	1	2	3	4	5
3	7.9	7.5	6.2	15.8	18.5	20.4
4	7.9	6.9	6.3	7.1	15.2	18.2
5	7.3	6.4	6.6	4.2	1.8	7.8
6	7.0	6.1	4.9	3.5	2.2	0.9
7	6.2	6.6	4.1	3.4	1.6	0.9
8	6.0	5.9	4.3	2.4	1.0	1.0

Zaključak

Primena metode simulacije predstavlja nužnost u klasi problema koji se ne mogu opisati analitički bez velikih pojednostavljenja. Tamo gde je potrebno sagledati dinamiku odvijanja procesa u sistemu ili gde postoji mogućnost da za određeni ulaz, sistem u toku funkcionisanja prevede sebe iz jednog modela funkcionisanja u drugi, takođe je neophodno koristiti metodu simulacije. Simulacijom se dobijaju sirovi podaci koje je neophodno, korišćenjem drugih metoda obraditi, radi određivanja karakteristika funkcionisanja sistema na optimalan način, uz data ograničenja. Može se reći da simulacija svoju pravu vrednost pokazuje tek u kombinaciji sa drugim metodama.

Ovako složene i kompleksne analize ima smisla raditi u slučajevima kada se radi o velikim promenama u sistemu, veoma skupim rezervnim delovima ili sklopovima ili nekom drugom materijalu, kada se radi o velikom broju rezervnih delova ili sklopova ili o veoma značajnim sredstvima na koje se ti rezervni delovi ili sklopovi ugrađuju. Presudnu ulogu u izboru varijante i preduzimanju upravljačkih akcija, osim u nekim specijalnim slučajevima, ipak imaju troškovi. Kompromis između troškova i ostalih karakteristika funkcionisanja sistema svodi se na držanje ostalih karakteristika u dozvoljenim granicama, kako ne bi došlo do, dugoročno posmatrano, značajnijeg narušavanja sistema ili negativnih posledica.

Ilustracije radi, prikazan je jedan deo analize i zaključaka iz analize na primeru samo dve karakteristike funkcionisanja sistema. Prema željenim vrednostima karakteristika funkcionisanja sistema bira se varijanta nivoa zaliha.

U ovom članku prikazane su samo neke od mogućnosti korišćenja rezultata dobijenih simulacijom. Za sisteme sa više nivoa, u kojima vladaju nepoasonovski procesi, nameće se primena simulacije. Ovakvi sistemi su veoma komplikovani, jer teško je uočiti sve međusobne uticaje, pa je posle svake odluke o većim promenama u sistemu neophodno proveriti šta ona donosi.

Literatura:

- [1] Saković, V. A.: Modeli upravljenja zapasami, Nauka i tehnika, Minsk, 1986.
- [2] Vukadinović, S., Popović J.: Metoda Monte-karlo, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1985.
- [3] Zeigler, B. P.: Theory of modeling and simulation, J. Wiley, New York, 1986.

- [4] Grupa autora: Tehnologija sistemnog modeliranja, Mašinstroenie — Moskva, Tehnik — Berlin, 1988.
- [5] Mišković, V.: Određivanje karakteristika funkcionisanja višeešelonskog nesimetričnog sistema zalha, SYMOPIS '94, Zbornik radova, str. 610—613